

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
MARYON STRACK DALLE CARBONARE

**DEGRADABILIDADE DE GRÃOS DE MILHO DE DIFERENTES TEXTURAS EM
DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

CURITIBA

2016

MARYON STRACK DALLE CARBONARE
ZOOTECNISTA

**DEGRADABILIDADE DE GRÃOS DE MILHO DE DIFERENTES TEXTURAS EM
DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Nutrição e Produção Animal, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador:
Prof. Dr. Patrick Schmidt

Co-Orientador:
Dr. Igor Quirrenbach de Carvalho

CURITIBA
2016

C264 Carbonare, Maryon Strack Dalle

Degradabilidade de grãos de milho de diferentes texturas em dois estágios de maturação. / Maryon Strack Dalle Carbonare. Curitiba : 2016.

85 f. il.

Orientador: Patrick Schmidt

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Nutrição e Produção Animal.

1. Silagem. 2. Milho - silagem. 3. Semeadura. 4. Nutrição animal. I. Schmidt, Patrick. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Nutrição e Produção Animal. III. Título.

CDU 636.085.52:633.15

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada **“DEGRADABILIDADE DE GRÃOS DE MILHO DE DIFERENTES TEXTURAS EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO”** apresentada pela Mestranda **MARYON STRACK** declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09–CEPE/UFPR, que considerou a candidata APTA para receber o Título de Mestre em Zootecnia, na Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal.

Curitiba, 23 de fevereiro de 2016.



Professor Dr. Patrick Schmidt
Presidente/Orientador



Professor Dr. Rodrigo Almeida
Membro



Professor Dr. Daniel Junges
Membro

“Uma máquina pode fazer o trabalho de cinquenta pessoas comuns. Nenhuma máquina pode fazer o trabalho de uma pessoa extraordinária.”

Elbert Green Hubbard

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pois sem Ele, nada poderia se realizar.

A Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade em realizar o mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Patrick Schmidt, pelo grande exemplo de caráter, honestidade, educação, sabedoria, profissionalismo e extremo conhecimento. Serei sempre grata.

À Fundação ABC, pela liberação e financiamento do projeto. Ao meu Coordenador e Co-orientador Dr. Igor Quirrenbach de Carvalho, por aceitar minha ausência, acreditar em mim e pelo importante suporte técnico.

Aos meus pais, Adilson e Glory, por NUNCA medirem esforços e fazerem sempre mais do que o possível para me fazer feliz. Não existem palavras para ao menos mensurar o tamanho do meu amor.

Ao meu marido Guilherme, pela amizade e companheirismo destes quase 10 anos, pela extrema paciência nos momentos em que eu estava irritada, chorei (vários) e por aquelas horas que estive ausente, ou até mesmo presente, mas cansada e de mau humor. Obrigada por ser meu porto seguro.

À família Mallmann Fedeger por me acolherem durante todo o período de aulas, sempre com muito bom humor, muitas risadas e deliciosas jantas. Vitória, obrigada por dividir seu quarto durante um ano, todas as segundas-feiras! Todo o carinho que recebi ficará para sempre guardado.

Ao Dr. Jhones O. Sarturi, pela ajuda na obtenção do híbrido americano.

Aos membros do Comitê de Orientação, Prof^a. Dr^a. Maity Zopollatto e Prof. Dr. Rodrigo de Almeida, pelas valiosas contribuições.

À todos os colegas e amigos do CPFOR, agradeço pela compreensão da minha ausência, fiz o possível para estar presente em momentos importantes. Mesmo de longe, podem contar comigo sempre.

Aos meus colegas da Fundação ABC, principalmente o Setor de Forragicultura e o Laboratório de Análises Físico-Químicas e Bromatologia.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta em todas as fases de realização deste trabalho. Meu sincero e de coração, muito obrigada.

DEGRADABILIDADE DE GRÃOS DE MILHO DE DIFERENTES TEXTURAS EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

Aproximadamente metade do aporte energético das dietas de bovinos leiteiros vem do amido presente nos grãos de milho. Estes grãos são compostos por dois tipos de endospermas: farináceo (mole) e vítreo (duro). A proporção desses varia com a cultivar e determina a textura do grão. O objetivo do estudo foi avaliar a degradabilidade ruminal de grãos de milho de textura mole e dura, colhidos em dois estádios de maturação. O delineamento experimental foi em blocos completamente casualizados com quatro repetições. Foram utilizados treze genótipos brasileiros (P 32R22H, P 1630H, P 30F53YH, AS 1656PRO2, AS 1572PRO, AG 8041PRO, AG 8780PRO3, Fórmula TL, IPR 127 – Branco, WXA 504, Pipoca, Vermelho e Roxo) e um americano (DKC 52-61PRO2 - controle positivo), em dois pontos de colheita (silagem e colheita de grãos). A semeadura foi realizada em outubro de 2014. No ponto de silagem foram avaliados: população final, estatura de plantas, severidade de doenças, produção de massa verde, de massa seca e de grãos. A forragem colhida no ponto de silagem permaneceu ensilada por 150 dias. Foram colhidas e debulhadas doze espigas no ponto de colheita de grãos para avaliação da produção, massa de mil grãos, grãos ardidos, densidade e vitreosidade. Com base nos resultados de vitreosidade, os genótipos foram agrupados em quatro classes: duros, semiduros, semimoles e moles, variando a vitreosidade de 47 a 84%, apresentando baixa correlação com a densidade. A severidade de doenças no ponto de silagem não teve correlação com a textura dos grãos. Os genótipos com grãos de menor vitreosidade foram mais precoces, com maior participação de amido, maior teor de MS, maior produção de massa seca e grãos. A degradabilidade ruminal in vitro (7h) da MS e do amido não foram afetadas pela vitreosidade. Foi possível identificar grandes variações agronômicas entre os genótipos avaliados. Desta forma, para a escolha de genótipos para silagem, o foco deve ser em materiais com maior produção de massa e grãos/amido, uma vez que o aproveitamento ruminal deste amido em silagens é semelhante, independente da textura dos grãos.

Palavras-chave: densidade, endosperma, genótipos, silagem, vitreosidade

DEGRADABILITY OF DIFFERENT CORN KERNELS TEXTURES IN TWO MATURITY STAGES

ABSTRACT

Approximately half of the energy intake from dairy cattle diets comes from starch present in corn grain. The corn kernels are composed of two types of endosperm: dent and flint. The proportion of these varies according to the cultivar and determines the grain texture. The objective of this trial was to evaluate the degradability of dent and flint kernels. The study was conducted in a completely randomized block design with four replicates. Thirteen Brazilian genotypes were used (P 32R22H, P 1630H, P 30F53YH, AS 1656PRO2, AS 1572PRO, AG 8041PRO, AG 8780PRO3, Fórmula TL, IPR 127 – White, WXA 504, Popcorn, Red and Purple) and an American hybrid (DKC 52-61PRO2 - positive control), harvested at two maturity stages (silage point and dry kernels). The seeding was in October 2014. At the silage point it was evaluated: final population, plant height, disease severity, crop yield (wet and DM basis) and grain production. The forage harvested in silage point remained ensiled for 150 days. Twelve cobs were harvested at grain harvest point and threshed for evaluation of dry grains production. These grains were used for determining the thousand seeds mass, damaged kernels, density and vitreousness of these kernels. Based on the results of vitreousness, genotypes were grouped into one of four classes: flint, semi-flint, semi-dent and dent, ranging from 47 to 84% of vitreousness. These indexes had low correlation with the grain density. The severity of diseases in the silage point did not correlate with the kernels texture. The genotypes with less vitreousness kernels were earlier, with higher participation of starch, higher DM content, higher dry mass and grain production. The *in vitro* ruminal degradability (7h) of DM and starch were not affected by kernels vitreousness. It was possible to identify agronomic variations between genotypes. Thus, for choosing silage genotypes, the focus should be on materials with higher dry mass and starch production, once the rumen degradability of this starch into silage is similar, regardless of the kernels texture.

Key-words: density, endosperm, genotypes, silage, vitreousness

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização pericarpo, endospermas e embrião	21
FIGURA 2 – Precipitação pluvial (mm) observada no decorrer do experimento ...	38
FIGURA 3 – Temperaturas médias (°C) observadas no decorrer do experimento	38
FIGURA 4 – Radiação solar global média (MJ m ⁻²) observada no decorrer do experimento	39
FIGURA 5 – Momento da picagem da planta inteira de milho para ensilagem	43
FIGURA 6 – Compactação nos mini silos	44
FIGURA 7 – Silos vedados com sacos plásticos e fita adesiva	44
FIGURA 8 – Vitreosidade dos grãos secos dos genótipos avaliados	59
FIGURA 9 – Degradabilidade da planta inteira, da silagem e dos grãos secos de acordo com a vitreosidade dos grãos	62
FIGURA 10 – Porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos de acordo com a vitreosidade dos grãos	65
FIGURA 11 – Degradabilidade do amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos de acordo com a vitreosidade dos grãos	69
FIGURA 12 – Correlação positiva entre densidade e vitreosidade	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Caracterização geográfica e climática do local do experimento.	
Dados dos últimos 3 anos	37
TABELA 2 – Características agronômicas dos genótipos utilizados nos ensaios	40
TABELA 3 – Reação de híbridos de milho às principais doenças foliares.	
Fundação ABC, 2015	41
TABELA 4 – Aplicações de inseticidas, herbicidas e fungicidas realizadas no experimento	42
TABELA 5 – Recomendação de distribuição adequada do tamanho de partículas para silagem	44
TABELA 6 – Notas de severidade de doenças foliares no ponto de silagem dos híbridos utilizados no ensaio	51
TABELA 7 – Ciclo, estatura de plantas e população final no ponto de silagem .	52
TABELA 8 – Umidade e produção de grãos, massa verde, porcentagem de MS e produção de massa seca no ponto de silagem	54
TABELA 9 – Ciclo, massa mil grãos, grãos ardidos, umidade, produção grãos secos e densidade	57
TABELA 10 – Degradabilidade ruminal <i>in vitro</i> da MS da planta inteira, da silagem e dos grãos secos	61
TABELA 11 – Correlação da vitreosidade com a degradabilidade da planta inteira, da silagem e dos grãos secos	63
TABELA 12 – Porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos	64

TABELA 13 – Correlação da vitreosidade com a porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos	66
TABELA 14 – Degradabilidade do amido na planta inteira, na silagem e nos grãos secos	67
TABELA 15 – Correlação da vitreosidade com a degradabilidade do amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos	70
TABELA 16 – Correlação entre a vitreosidade com a severidade de doenças dos genótipos avaliados	72
TABELA 17 – Correlação entre a vitreosidade com as características agronômicas no ponto de silagem dos genótipos avaliados	73
TABELA 18 – Correlação entre a vitreosidade com as características agronômicas no ponto de grãos secos dos genótipos avaliados	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO	15
2.2. A CULTURA DO MILHO	16
2.3. PRODUÇÃO DE SILAGEM	16
2.4. A SILAGEM DE MILHO	17
2.4.1. Terminologias genéticas.....	19
2.4.2. Diversidade de genótipos comercializados.....	20
2.5. GRÃOS DE MILHO	20
2.5.1. Composição Física	20
2.5.2. Composição química	21
2.5.3. Amido	22
2.6. TEXTURA DO GRÃO	24
2.6.1. Classificação de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).....	24
2.6.2. Diferenças entre texturas.....	25
2.6.3. Efeito da maturidade na textura do grão.....	26
2.6.4. Efeito da fermentação na textura do grão.....	27
2.7. CONSIDERAÇÕES.....	28
2.8. REFERÊNCIAS.....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1. LOCAL	37
3.1.1. Condições climáticas durante o experimento	38
3.2. TRATAMENTOS	39
3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS GENÓTIPOS DE MILHO.....	40
3.4. UNIDADES EXPERIMENTAIS.....	41
3.5. SEMEADURA, ADUBAÇÃO E TRATOS CULTURAIS	41
3.6. AVALIAÇÕES	42
3.6.1. Dias para colheita da silagem.....	42
3.6.2. População final	42
3.6.3. Estatura de plantas.....	42
3.6.4. Doenças	43

3.6.5.	Produção de massa verde	43
3.6.6.	Ensilagem	43
3.6.7.	Produção de massa seca	44
3.6.8.	Produção de grãos no ponto de silagem	45
3.6.9.	Dias para colheita grãos secos.....	45
3.6.10.	Produção de grãos secos	45
3.6.11.	Massa de mil grãos.....	46
3.6.12.	Grãos ardidos	46
3.6.13.	Análise de densidade	46
3.6.14.	Vitreosidade dos grãos	46
3.6.15.	Abertura dos silos	47
3.6.16.	Amido	47
3.6.17.	Degradabilidade ruminal da planta inteira, da silagem e dos grãos.....	48
3.6.18.	Degradabilidade do amido.....	49
3.7.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1.	SEVERIDADE DE DOENÇAS.....	50
4.2.	CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO PONTO DE SILAGEM.....	52
4.3.	CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO PONTO DE GRÃOS SECOS.....	57
4.4.	DEGRADABILIDADE RUMINAL <i>IN VITRO</i>	61
4.4.1.	Degradabilidade da planta inteira, silagem e dos grãos secos.....	61
4.4.2.	Porcentagem de amido.....	64
4.4.3.	Degradabilidade amido	66
4.5.	CORRELAÇÕES.....	71
4.5.1.	Densidade x Vitreosidade.....	71
4.5.2.	Severidade de doenças	72
4.5.3.	Características no ponto de silagem.....	72
4.5.4.	Características no ponto de grãos secos.....	74
5.	CONCLUSÕES	76
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
7.	REFERÊNCIAS	77

1. INTRODUÇÃO GERAL

A silagem de milho é o volumoso mais utilizado para ruminantes em muitas partes do mundo, principalmente como fonte de fibra digestível e energia para os animais. Aproximadamente metade do aporte energético das dietas de bovinos leiteiros vem do amido presente nos grãos de milho, provenientes da silagem e do fubá. Devido a importância destes grãos, o estudo das características relacionadas ao endosperma e sua influência no aproveitamento do amido pelo rúmen se torna uma variável de interesse.

A textura do grão é determinada pela proporção dos dois tipos de endospermas que compõem os grãos: farináceo e vítreo. No endosperma farináceo, a matriz protéica é esparsa e fragmentada. No vítreo a matriz é contínua, densa e bem desenvolvida. Tradicionalmente, se considera que nos Estados Unidos os grãos de milho são principalmente farináceos (moles) e no Brasil principalmente de textura vítrea (dura) (Corrêa et al., 2002). Contudo, não existem trabalhos na literatura que permitam inferir se essa afirmação é correta para os híbridos de milho modernos.

A vitreosidade dos grãos influencia a fermentação *in situ* do milho e a digestibilidade do amido em estádios mais avançados de maturidade da planta. Os possíveis efeitos negativos no aproveitamento do amido dos grãos vítreos podem ser contornados pela ensilagem e colheitas em estádios não tão avançados de maturidade (Szasz et al., 2007).

Com o processo de fermentação o aproveitamento do amido aumenta à medida que o tempo de armazenamento da silagem avança (Daniel et al., 2014). Este aumento pode ser explicado pela maior acessibilidade dos microrganismos aos grânulos de amido, possivelmente devido a proteólise da matriz de proteínas através da atividade de bactérias, enzimas, fungos e produtos da fermentação (Junges et al., 2011). Assim, a proteólise da matriz protéica pode ser uma estratégia para aumentar a digestibilidade de grãos com textura dura.

Devido à importância da silagem de milho como fonte de energia em dietas de vacas leiteiras, faz-se necessário o estudo da influência da textura dos grãos de milho no aproveitamento do amido pelos animais, bem como o efeito da ensilagem sobre a degradabilidade do amido, para os diferentes genótipos de milho.

O objetivo desse estudo foi avaliar a degradabilidade de silagens de planta inteira e de grãos de milho de textura mole e dura, colhidos no ponto de silagem e no ponto de colheita de grãos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

A produção de leite e o número de vacas leiteiras têm crescido no Brasil desde 1996, a uma taxa de 5% e 3% ao ano, respectivamente. Em 2014, a população de vacas leiteiras era composta por 23.500.000 cabeças (IBGE, 2014).

Apesar de ser o 4º maior produtor mundial de leite, atrás apenas de Estados Unidos, Índia e China, a produtividade brasileira ainda é baixa (1.382 l/vaca/ano). Entre os estados, o Paraná é o terceiro em volume de produção, com produtividade de 2.404 l/vaca/ano. Entre os municípios do Brasil, Castro/PR tem a maior produção, com produtividade de 7.527 l/vaca/ano, muito superior às médias brasileira e paranaense (IBGE, 2012).

A região Centro Oriental Paranaense concentra a atuação de três importantes cooperativas produtoras de leite do estado, que constituem o Grupo FCC: Frísia, em Carambeí; Castrolanda, em Castro e Capal, em Arapoti. Juntas, produzem mais de um milhão de litros de leite por dia, com aproximadamente 30 mil animais em lactação, das raças Holandesa, Jersey e Pardo Suíça. Possuem três unidades de beneficiamento de leite (Castro, Ponta Grossa e Itapetininga), abastecendo mercados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais.

A principal característica desta região é o emprego de alta tecnologia na produção de leite, com grandes investimentos em genética e manejo dos animais. Sem dúvida, o principal fator responsável pela alta produtividade de leite nessa região é a alimentação dos animais, na qual a silagem de milho é o alimento utilizado em maior quantidade (Janssen, 2009).

2.2.A CULTURA DO MILHO

O milho é produzido em quase todos os continentes, com sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis. Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85% em países desenvolvidos (Paes, 2006). O milho destaca-se como um dos cereais mais consumidos no mundo em função do seu potencial produtivo e valor nutritivo, como também por sua diversidade de aplicação (Fancelli e Dourado Neto, 2000).

2.3.PRODUÇÃO DE SILAGEM

Silagem é o produto da fermentação de culturas agrícolas, em condições de anaerobiose. O princípio básico é a fermentação de açúcares por bactérias, com produção de ácidos orgânicos e consequente redução do pH da massa ensilada (Reis et al., 2014). A ensilagem objetiva conservar a máxima quantidade de massa seca, nutrientes e energia da cultura, para posterior alimentação dos animais (Kung, 2013).

Devido à estacionalidade na produção de pastagens, a silagem é a principal fonte de volumoso conservado para alimentação dos ruminantes, usada para ajustar a flutuação da quantidade e qualidade da forragem fornecida para animais em pastejo. Da mesma forma, a silagem é usada como fonte exclusiva de alimento volumoso para ruminantes confinados. O seu valor nutritivo é resultado da espécie forrageira utilizada, do correto manejo agrônomo da cultura, das tecnologias aplicadas durante todo o processo de conservação e da qualidade de fermentação (Jobim, 2010).

Três fatores têm grande influência na qualidade de fermentação da massa ensilada: teor de MS, concentração de açúcares solúveis em água (CSA) e o poder tampão (PT) da forragem (Reis et al., 2014). Sendo assim, a capacidade fermentativa (CF) das forragens pode ser definida pela fórmula: $CF = MS + 8 \times (CSA/PT)$ (Weissbach e Honig, 1996).

O processo de fermentação é caracterizado pela rápida redução do oxigênio (O_2) atmosférico contido na massa da forragem. As enzimas carboidrases aumentam

a quantidade de carboidratos solúveis e após o consumo do O₂ do ambiente, inicia-se o desenvolvimento das bactérias anaeróbias produtoras de ácido láctico (Jones et al., 2004), descritas como bactérias acidoláticas (BAL). Dadas às diferenças na eficiência de produção de ácido láctico a partir da fermentação de hexoses, as BALs são divididas em dois grupos. As BALs que produzem somente ácido láctico a partir da fermentação das hexoses são classificadas como homofermentativas, enquanto aquelas que produzem além do ácido láctico outros produtos, como etanol e/ou ácido acético e CO₂, são classificadas como heterofermentativas (Reis et al., 2014).

Como o processo de fermentação resulta em perdas de massa seca e também qualidade nutricional, a ensilagem deve ser feita da melhor forma possível a fim de minimizar tais perdas (Muck, 1988). O controle de perdas no processo de ensilagem é considerado passo fundamental para garantir eficiência e profissionalização ao processo de conservação de forragens (Reis et al., 2014).

A utilização da silagem na formulação de dietas, especialmente para bovino leiteiro de média e alta produção tem aumentado nos últimos anos no Brasil (Senger et al., 2005). Hoje, praticamente todo o processo de ensilagem é mecanizado, com reduzida necessidade de mão de obra em relação às quantidades armazenadas. Em várias regiões do Brasil, há possibilidade de contratar prestadores de serviços de ensilagem, com máquinas de última geração, sem necessidade de imobilizar capital com estes equipamentos (Strack e Carvalho, 2015; Pereira, 2011), o que garante agilidade e qualidade no processo de produção desses volumosos.

2.4.A SILAGEM DE MILHO

A silagem de milho é considerada planta padrão em virtude do teor de matéria seca (MS) apropriado para fermentação, baixo poder tampão e adequados teores de carboidratos solúveis na planta, que levam à fermentação láctica e favorece a conservação da massa (Weissbach e Honig, 1996, Allen et al., 2003, Oliveira et al., 2010).

Aliado ao alto teor energético, colheita mecanizada facilitada, baixo custo em relação a outras forrageiras e lavouras com alta produção de massa seca por unidade de área quando comparada a outras forragens anuais utilizadas em climas temperados, tornam a planta de milho a silagem mais utilizada para ruminantes no Brasil (Pereira et al., 2004) e em muitas partes do mundo, como fonte de fibra

digestível e energia prontamente disponível para os animais (Kim e Adesogan, 2006). Alguns autores ainda citam os teores de proteína bruta desta silagem como um fator a ser levado em consideração, pois em silagens estocadas por 4 meses a atividade proteolítica durante a fermentação aumentou a fração N solúvel, resultando em menor aporte de proteína metabolizável (aminoácidos) para o intestino das vacas (Daniel e Pedroso, 2015).

Não existem dados oficiais sobre a área de produção de silagem no Brasil. Estimativas indicam um aumento de 360.000 ha em 1996, para 2.250.000 ha em 2013 (Pereira, 2013), equivalente a 13% da área total de milho plantada no Brasil (Conab, 2014).

A escolha do genótipo de milho para silagem deve ser ponderada não somente em função do custo das sementes, mas também em função dos benefícios nutricionais advindos daquela planta (Reis et al., 2014).

A maioria dos programas de melhoramento de milho conduzidos no Brasil não tem ênfase no desenvolvimento de genótipos para produção de silagem. Os híbridos que produzem mais grãos são também recomendados para a produção de silagem (Gomes et al., 2004). Porém, nem sempre os melhores genótipos para a produção de grãos são os mais indicados para a produção de silagem, é necessário avaliar também os teores de fibra (FDN) e a digestibilidade desta fração (Reis et al., 2014).

O ponto de maturidade para colheita representa um aspecto importante de manejo para o sucesso da confecção desse volumoso. A tomada de decisão para a colheita a campo é baseada no teor de MS da planta inteira e é indicado o corte entre 30% a 35% de MS (Nussio et al., 2001). Desta forma, além de garantir o teor de MS ideal para crescimento de microrganismos desejáveis (bactérias ácido lácticas), o enchimento dos grãos é assegurado até a capacidade próxima da máxima, fundamentais para manter o equilíbrio entre produção de massa seca e quantidade de grãos na forragem (Ashley, 2001). Este aumento no teor de amido da silagem pode impactar na redução dos custos com alimentação, devido a possível diminuição na compra de alimentos energéticos sob a forma de concentrado para balanceamento das dietas (Reis et al., 2014).

Com a maturidade da planta de milho, o peso dos grãos aumenta, porém ocorre um declínio na degradabilidade do amido destes grãos e redução na energia disponível (Jones et al., 2004). Assim, o ponto de colheita das silagens é de suma

importância para otimizar o máximo aproveitamento de grãos com alta degradabilidade, juntamente com elevada produção de massa seca e adequados teores de MS para a fermentação desejada.

2.4.1. Terminologias genéticas

No intuito de melhorar o entendimento e compreensão sobre as terminologias genéticas, Ronzelli Júnior (1996) apresentou a definição de alguns termos mais usuais:

- a) Genótipo: é a constituição genética total de um indivíduo.
- b) Espécie: é a unidade biológica fundamental. É a subdivisão do gênero onde os indivíduos são agrupados ou classificados taxonomicamente.
- c) Cultivar: é a subdivisão de uma espécie cultivada que se distingue de outra ou de outras pela aparência e/ou pelo comportamento, ou seja, por característica ou características perfeitamente identificável ou identificáveis de ordem morfológica, fisiológica, bioquímica ou outra.
- d) Variedade: é a subdivisão da espécie. É o mesmo que cultivar.
- e) Híbrido: é o indivíduo ou população de indivíduos resultante do cruzamento entre indivíduos com diferentes constituições genéticas. Pode ser intervarietal, interespecífico ou intergenérico. As populações F1 são resultantes do cruzamento entre indivíduos geneticamente constantes.
- f) Híbrido Simples: é o resultado do cruzamento entre duas linhagens autofecundadas.
- g) Linhagem: é o grupo de indivíduos de uma variedade ou cultivar que tem ascendentes comuns e manifesta uniformidade para um ou alguns caracteres.

2.4.2. Diversidade de genótipos comercializados

No mercado existe uma grande variedade de materiais genéticos com o intuito de atender as exigências de cada região, de acordo com os fatores ambientais, resistência a pragas e doenças, ciclo vegetativo e endosperma do grão (Fernandes, 2014), todas essas características denotam aos genótipos variados índices de produtividade e qualidade (Paziani et al., 2009).

O processo de escolha do genótipo envolve a análise de vários fatores, em virtude da complexa interação genótipo/ambiente (Shioga et al., 2015). Já é consenso que genótipos respondem de forma diferenciada a distintas condições de ambiente, onde pode haver alteração na sua classificação de acordo com o local de cultivo. Isso indica que a recomendação de genótipos para utilização como silagem não pode ser generalizada (Mittelmann et. al., 2005).

A produção de massa verde é um dos primeiros parâmetros a avaliar quando se busca informação sobre determinado genótipo, uma preocupação anterior aos parâmetros de qualidade da silagem. Com a crescente melhora no padrão genético dos animais e a intensificação da pecuária, aumenta-se também a exigência na qualidade da silagem (Paziani et al., 2009).

A ênfase no uso de genótipos mais produtivos e adaptados às condições locais, como fruto do melhoramento genético dessa cultura, é responsável pelos ganhos em produtividade e qualidade das silagens (Cruz e Pereira Filho, 2001).

2.5. GRÃOS DE MILHO

Na nutrição animal, a planta de milho apresenta dois componentes distintos: a fração vegetativa, composta basicamente de carboidratos estruturais, e a fração granífera, representada principalmente pelo amido do endosperma (Ferreira, 2001).

Os grãos do milho são, geralmente, amarelos ou brancos, podendo, porém apresentar colorações variando desde o preto até o vermelho (Paes, 2006).

2.5.1. Composição Física

Grande parte da energia das dietas de bovinos leiteiros vem do amido presente nos grãos de milho (Lopes et al., 2009). Estes grãos são formados

basicamente por quatro estruturas físicas principais: pedicelo ou ponta, pericarpo, embrião e endosperma (Figura 1), que correspondem a aproximadamente, 1%, 5%, 12% e 82% do peso seco dos grãos (Carvalho e Nakagawa, 2000).

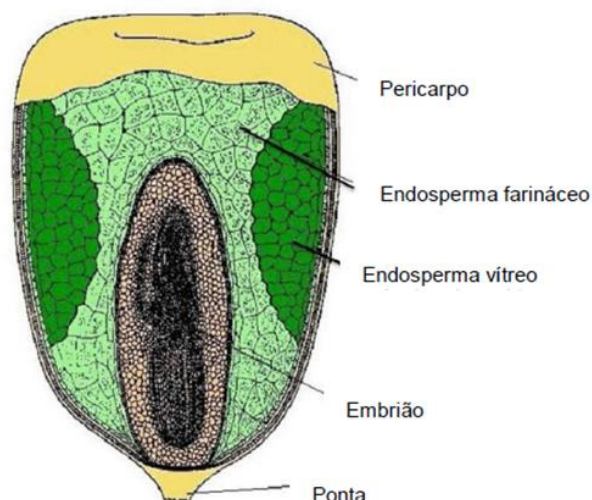


FIGURA 1 – Localização do pericarpo, endospermas e embrião (Piovesan, 2009).

O endosperma é encontrado em quantidade variável nas sementes e resulta da fusão dos núcleos polares com um dos núcleos reprodutivos do grão de pólen. A sua estrutura depois de completamente desenvolvida, varia de espécie para espécie (Carvalho e Nakagawa, 2000). Exerce grande importância na determinação do valor econômico e nutricional do milho e por este motivo, suas características são utilizadas para classificar os grãos (Piovesan, 2009).

2.5.2. Composição química

Os grãos, à semelhança dos demais órgãos da planta, apresentam composição química bastante variável. A composição química quantitativa é definida geneticamente, apesar de poder ser, até certo ponto, influenciada pelas condições ambientais a que foram submetidas as plantas que as originaram (Carvalho e Nakagawa, 2000).

As principais causas de variação na composição química dos grãos de milho são relacionadas às características do material genético, solo, adubação, condições climáticas e estágio de maturação da planta (Piovesan, 2009). Dessa forma,

observam-se variações não apenas em função das espécies, mas também das cultivares dentro de uma mesma espécie.

Os grãos de milho são compostos por óleos, açúcares, cinzas e em sua maior parte por proteínas e amido, os quais representam, aproximadamente 9,4% e 72-74% do grão seco, respectivamente (Paes, 2006). Cerca de 75% da proteína e 98% do amido estão presentes no endosperma (Carvalho e Nakagawa, 2000).

2.5.3. Amido

O amido é um polissacarídeo não estrutural de elevado peso molecular e sintetizado pelas plantas superiores com função de reserva energética. As plantas armazenam o amido nas raízes, caules, tubérculos e grãos. Quimicamente, o amido é formado por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina (Lehninger e Nelson, 2006).

Nos grãos de milho, o amido é composto aproximadamente por 28% de amilose e 72% de amilopectina (Toral et al., 2002); no milho “ceroso”, também conhecido como waxy, a porcentagem de amilopectina pode chegar a 98% (Weber et al., 2009).

A amilose é um polímero longo e possui uma cadeia linear de moléculas de D-glicose unidas por ligações α 1-4, enquanto a amilopectina, possui uma cadeia ramificada com ligações α 1-4 e α 1-6 (Lehninger e Nelson, 2006). Alguns autores relatam que a proporção de amilose e amilopectina presente nos grãos pode influenciar a taxa de degradação e a digestibilidade do amido (Jobim et al., 2003), porém este assunto ainda gera divergências, pois as variações destas proporções são de pequena amplitude dentro de um mesmo tipo de grão, como o milho por exemplo, talvez as maiores diferenças estejam relacionadas a comparações realizadas entre grãos de diferentes espécies.

A fermentação ruminal torna a maior parte dos componentes nutritivos dos alimentos disponíveis para ser utilizada diretamente pelos tecidos dos ruminantes. Desta forma, os carboidratos não estruturais, como o amido, são convertidos em ácidos graxos (AGV), gás carbônico, metano, amônia e células microbianas. Estes AGVs são absorvidos através da parede ruminal e representam a maior fonte de energia para o ruminante (Berchielli et al., 2006).

Muitos fatores podem afetar a taxa e a extensão da digestão do amido pelo ruminante, interferindo de forma dinâmica na quantidade de amido que será fermentado no rúmen ou que chegará ao intestino delgado. Na prática, a extensão da digestão do amido no rúmen parece ser mais determinada pela natureza do material que circunda e protege o grânulo de amido (matriz protéica) do que propriamente pela composição química do amido em si (Berchielli et al., 2006).

Os grânulos de amido são envolvidos por uma matriz protéica composta por dois tipos de proteínas, classificadas como zeínas (proteínas de reserva ou prolaminas) ou não-zeínas. As zeínas representam cerca de 60% da proteína total do endosperma e compreendem quatro grupos estruturalmente distintos α , β , γ , δ . As α -zeínas são as mais abundantes, perfazendo aproximadamente 60% das proteínas de reserva, seguidas pelas γ -zeínas (25%), β -zeínas (5-10%) e δ -zeínas (5%). As não-zeínas são proteínas encontradas em vários tecidos do grão e compostas basicamente por gluteínas, albuminas e globulinas. A quantidade e o tipo de zeínas afeta a dureza dos grãos (Davide, 2009).

A forte interação da matriz protéica com os grânulos de amido ajuda a explicar porquê o amido é menos digestível no rúmen, em torno de 25% do amido de milho pode escapar da fermentação ruminal (Owens, 2008), pois não está facilmente disponível para a digestão enzimática, a menos que a matriz protéica também seja digerida ou que processamentos exponham os grânulos a digestão. A ensilagem é um exemplo destes métodos, pois favorece a solubilização parcial da matriz protéica desses grãos, facilitando o acesso do amido pelos microrganismos ruminais (Hoffman et al., 2011). Segundo Junges et al. (2015) a proteólise desta matriz protéica ocorre principalmente pela atividade das bactérias (60%), 30% por enzimas, 5% por fungos e 5% pelos produtos da fermentação.

O maior impedimento físico para a colonização microbiana é a presença do pericarpo, que pode ser rompida através de processamentos ou pela mastigação. Muitos microrganismos ruminais são capazes de digerir amido, mas podem ser incapazes de digerir a matriz proteica; portanto, a destruição destas barreiras pelas bactérias celulolíticas e proteolíticas torna os grânulos de amido acessíveis às bactérias amilolíticas (Hoffman et al., 2011).

2.6.TEXTURA DO GRÃO

Semelhante com o que ocorre com outros tipos de grãos, a dureza do grão de milho é determinada principalmente por fatores genéticos.

2.6.1. Classificação de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)

O sistema de classificação dos grãos de milho utilizada pelo MAPA, não exige muita complexidade, caracterizando apenas pelo aspecto visual no terço médio da espiga (MAPA, 2016), não especificando uma metodologia padrão e nem o percentual de vitreosidade para que o genótipo seja enquadrado na respectiva classe. Desta forma, deixa-se a livre arbítrio a escolha pela metodologia para classificação do tipo de endosperma do milho (Rossi, 2014).

O “Regulamento Técnico do Milho, Instrução Normativa Nº 60, de 22 de dezembro de 2011” (MAPA, 2011), cita:

Capítulo II, Art. 5º: De acordo com a consistência e o formato do grão, o milho será classificado nos seguintes Grupos:

I - DURO: quando apresentar o mínimo de 85% em peso de grãos com as características de duro, ou seja, apresentando endosperma predominantemente córneo, exibindo aspecto vítreo; quanto ao formato, considera-se duro o grão que se apresentar predominantemente ovalado e com a coroa convexa e lisa;

II - DENTADO: quando apresentar o mínimo de 85% em peso de grãos com as características de dentado, ou seja, com consistência parcial ou totalmente farinácea; quanto ao formato, considera-se dentado o grão que se apresentar predominantemente dentado com a coroa apresentando uma reentrância acentuada;

III - SEMIDURO: quando apresentar o mínimo de 85% em peso de grãos com consistência e formato intermediários entre duro e dentado;

IV - MISTURADO: quando não estiver compreendido nos grupos anteriores, especificando-se no documento de classificação as percentagens da mistura de outros grupos.

2.6.2. Diferenças entre texturas

A textura do grão é uma variável de interesse pois as características relacionadas ao endosperma do grão do milho podem afetar a degradabilidade do grão e do amido no rúmen (Lopes et al., 2004).

O endosperma farináceo concentra-se na região central do grão, entre a ponta e o extremo superior (Figura 1). Nas laterais dessa faixa e no verso do grão está localizado o endosperma vítreo (Paes, 2006). A proporção entre esses endospermas em relação ao endosperma total define a textura do grão (Piovesan, 2009) e varia de acordo com o híbrido utilizado (Ribas et al., 2007).

No mercado brasileiro verifica-se participação de 48,1% de grãos semiduros, 32,9% de grãos duros e apenas 5,4% de grãos dentados (Moraes, 2007). Contudo, o melhoramento dos híbridos de milho nos últimos anos pode ter modificado esse panorama no Brasil.

Nos Estados Unidos os grãos de milho são principalmente de textura mole (dentado), com maior proporção de endosperma farináceo localizado no centro do grão. Corrêa et al. (2002) afirmam que no Brasil os grãos de milho são principalmente de textura dura, com maior proporção de endosperma vítreo, localizado nas laterais do grão, ocupando quase que sua totalidade.

Milhos de grãos mais duros são preferidos pela indústria alimentícia, e em algumas situações alcançam preço um pouco superior no mercado, pois apresentam a vantagem de boa armazenagem e qualidade de germinação (Cruz et al., 2012).

Muitas empresas produtoras de sementes avaliam as diferenças de dureza dos grãos pelo escore de dentação. Grãos com extremidade superior lisa e arredondada e aspecto brilhante são considerados grãos duros e grãos com extremidade superior enrugada e grãos opacos são dentados. O emprego do escore de identificação visual para classificar o tipo de grão é mais simples e menos oneroso (Rossi, 2014), mas essa classificação deve ser usada com ressalvas, pois considera somente aspectos visuais, sem considerar a dureza que depende da composição e estrutura do endosperma (Davide, 2009).

No endosperma farináceo a matriz protéica é esparsa e fragmentada, com grânulos de amido maiores e menos agregados, os espaços vagos conferem opacidade ao material. No endosperma vítreo a matriz é contínua, densa e bem desenvolvida, composta em sua maior parte por α -zeínas e grânulos de amido

menores e mais agregados, com ausência de espaços entre os grânulos de amido, a matriz protéica promove a reflexão da luz, resultando em aspecto vítreo ao endosperma (Paes, 2006; Piovesan, 2009). Os grãos de milho pipoca, considerados muito duros, possuem o pericarpo mais espesso, com o endosperma predominantemente vítreo, porém os grãos possuem menor tamanho e formato mais arredondado (Paes, 2006).

Corrêa et. al. (2002) encontraram alta correlação de 0,87 entre a densidade e vitreosidade, o que sugere que a densidade pode ser uma ferramenta útil para comparar a vitreosidade dos grãos de milho.

Martínez et al. (2006) encontraram correlações positivas entre a dureza dos grãos com a densidade, endosperma e tamanho dos grânulos de amido. A diferença de densidade entre os grãos dentados e vítreos pode ser explicada não só pela composição química, mas também pela maior quantidade de espaços vazios no endosperma dos grãos dentados, o que ocasiona, conseqüentemente, menor densidade para estes materiais em relação aos vítreos (Philippeau et al., 1999).

As proporções de amilose e amilopectina foram muito próximas tanto no endosperma vítreo como no endosperma farináceo em estudo realizado por Piovesan (2009), independente da textura dos grãos, semi-dentado (17,8% amilose e 82,2% amilopectina) ou duro (17,9% amilose e 82,1% amilopectina). Diante destes resultados, pode-se especular que o conteúdo de amilopectina por si só, não seja o principal definidor da textura do endosperma.

2.6.3. Efeito da maturidade na textura do grão

Com o avanço da maturidade da planta, em colheitas mais tardias, ocorre aumento no teor de MS da planta e dos grãos, redução na degradabilidade dos componentes da planta e redução na digestibilidade do amido, independente da textura (Pereira et al., 2004; Owens, 2008), porém mais acentuada para grãos de textura dura em relação aos grãos com textura mole (Corrêa et al., 2002). A perda de digestibilidade por atraso na colheita também é maior nos grãos de textura dura, restringindo mais o intervalo de colheita (Factori, 2008).

Gomes et. al. (2002) avaliaram dez híbridos de milho de diferentes texturas, semeados em diferentes localidades de Minas Gerais, colhidos no ponto de silagem e não encontraram diferenças na degradabilidade ruminal *in situ* 24 horas da planta

inteira. Da mesma forma, Carvalho e Strack (2013) avaliaram a correlação entre densidade, digestibilidade e degradabilidade *in vitro* de grãos de milho brasileiros cultivados no Brasil e híbridos americanos cultivados nos Estados Unidos, colhidos no ponto de silagem e grãos secos. A densidade dos americanos foi menor em relação aos brasileiros, porém não foi encontrada correlação da densidade com a digestibilidade e degradabilidade.

A vitreosidade dos grãos pode causar influência na fermentação *in situ* do milho em estádios mais avançados de maturidade da planta (Szasz et al., 2007), quando o teor de MS dos grãos é superior a 65% (Pereira et al., 2004). Lopes et al. (2009) encontraram menor digestibilidade *in vitro* do amido em grãos mais duros com 80% de MS.

Contudo, a maioria dos estudos foram realizados após o ponto de silagem. Os possíveis efeitos negativos sobre o aproveitamento do amido associado aos grãos com endosperma duro podem ser contornados através de ensilagem e colheitas em estádios não tão avançados de maturidade da planta (Szasc et al., 2007), antes da maturidade fisiológica, período no qual a matriz protéica ainda não está totalmente formada (Fernandes, 2014), com conteúdo de prolamina ainda menor e variação de vitreosidade reduzida (Mahanna, 2015). Além disso, no momento da ensilagem, os grãos são quebrados, o que otimiza o acesso dos microrganismos ao amido, consequentemente sua digestibilidade (Salvati, 2016).

2.6.4. Efeito da fermentação na textura do grão

Na produção de silagem, a fermentação bem sucedida requer três elementos: um ambiente anaeróbio, substrato adequado para produção de ácido láctico e uma população suficiente de bactérias lácticas (Muck, 1988), para que o pH decline rapidamente e a fermentação seja realizada de maneira satisfatória, são necessárias aproximadamente 10^8 bactérias lácticas por grama de forragem (Zopollatto et al., 2009).

O padrão de fermentação da silagem afeta a concentração dos nutrientes disponíveis e a ingestão pelos animais. As alterações que ocorrem durante a fermentação exercem influência marcante na composição química, ingestão e digestibilidade da forragem (Jobim et al., 2007).

A disponibilidade do amido aumenta à medida que aumenta o tempo de armazenamento da silagem (Owens, 2008). Em meta-análise realizada por Daniel et al. (2014), a digestibilidade da fração amido aumentou 0,31 unidades percentuais por dia, até 28 dias de armazenamento. Os benefícios também continuam por períodos prolongados de armazenamento, porém com menores ganhos, a uma taxa 0,04 unidades percentuais dos 30 a 570 dias (Junges, 2014). Este aumento pode ser explicado pela maior acessibilidade dos microrganismos aos grânulos de amido, possivelmente devido a proteólise da matriz de proteínas através da atividade de bactérias, enzimas, fungos e produtos da fermentação (Junges et al., 2011).

Ainda pensando em estratégias para aumentar o aproveitamento de amido em silagens de planta inteira, Young et al. (2012) trabalharam com adição de enzimas proteases exógenas no momento da ensilagem, encontrando aumento no potencial de degradação ruminal do amido, nos teores de proteína solúvel e nitrogênio amoniacal, porém o estudo foi desenvolvido em laboratório com condições controladas, sem determinar doses ideais e relação custo-benefício para seu uso a nível comercial.

Costa et al. (2014) afirmaram que a proteólise da matriz durante a ensilagem é uma estratégia plausível para aumentar a digestibilidade de grãos com textura dura e contrapor o efeito negativo da textura sobre a digestibilidade. Carvalho e Strack (2013) avaliaram grãos colhidos no ponto de silagem e não encontraram correlação entre densidade e a digestibilidade ou degradabilidade *in vitro* desses grãos. Assim, a seleção de genótipos de milho com alta produção de grãos, independentemente da textura, parece ser o mais recomendável, quando o objetivo final é a confecção de silagens.

2.7. CONSIDERAÇÕES

No mercado existe um grande número de genótipos com variados índices de produtividade e qualidade, que respondem de forma diferenciada a distintas condições de ambiente. Com a crescente melhora no padrão genético dos animais e a intensificação da pecuária, aumenta-se também a exigência em análises quantitativas e qualitativas do milho para produção de silagem.

Os resultados publicados na literatura sobre degradabilidade ruminal e digestibilidade no trato total de ruminantes, comparando híbridos de milho de diferentes texturas, foram realizados com grãos secos, em estádios avançados de maturidade. Estudos com grãos no ponto de ensilagem e com a forragem ensilada ainda são escassos.

Dessa forma, estudos devem ser realizados focando avaliações em forragens colhidas no ponto ideal e principalmente já fermentadas, pois a fermentação afeta a disponibilidade dos nutrientes em relação a planta inteira *in natura*, e os ácidos da silagem degradam parte da matriz protéica, o que pode diminuir as possíveis diferenças de degradação dos grãos de diferentes texturas.

2.8. REFERÊNCIAS

ALLEN , M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. Corn Silage. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISSON, J.H. (Ed.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.547-608.

ASHLEY, R.O. Corn maturity and ensiling Corn. Dickinson: Dickinson Research **Extension Center**, 2001. Disponível em: <<http://www.ag.ndsu.edu/archive/dickinso/agronomy/cornmaturity.htm>> Acesso em: 16 junho 2015.

BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V e OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal, SP, 2006. 583p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CARVALHO, I.Q.; STRACK, M. Degradability and digestibility of different corn grain densities at two maturity stages. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 3., 2013, Campinas. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos – Safra 2013/2014**. Brasília, 2014. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf> Acesso em: 8 nov. 2014.

CORRÊA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, J.G. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, p. 3008–3012, 2002.

COSTA, F.M.J.; DIAS JUNIOR, G.S.; ZACARONI, O.F. et al. Silagem de grãos úmidos de milho de textura dura ou macia em dietas com polpa cítrica para vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p. 203-210, 2014.

CRUZ, J. C; PEREIRA FILHO, I.A; GARCIA, J. C. Cultivo do Milho. **Versão Eletrônica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Minas Gerais, 2012. ISSN 1679-012X.

CRUZ, J. C; PEREIRA FILHO, I.A. Cultivares de milho para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.11 a 37.

DANIEL, J.L.P.; JUNGES, D.; NUSSIO, L.G. Alterações na qualidade de silagens de milho durante o armazenamento. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5., 2014, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2014. p. 23-36.

DANIEL, J.L.P.; PEDROSO, A. M. **Especial taça silagem: silagens de milho estocadas por períodos prolongados - Quanto leite a mais? [2015]**. Disponível em: < <http://www.milkpoint.com.br/seu-espaco/espaco-aberto/especial-taca-silagem-silagens-de-milho-estocadas-por-periodos-prolongados-quanto-leite-a-mais-95125n.aspx>> Acesso em: 29 de fevereiro de 2016.

DAVIDE, L.M.C. **Controle genético de caracteres associados a dureza dos grãos e à degradabilidade ruminal de milho tropicais**. 2009. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FACTORI, M.A. **Degradabilidade ruminal de híbridos de milho em função do estágio de colheita e processamento na ensilagem**. 2008. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FERNANDES, J. **Influência de genótipo, maturidade e tempo de armazenamento na qualidade de silagens de grãos de milho com alta umidade**. 2014. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

FERREIRA, J.J. Características qualitativas e produtivas da planta de milho e sorgo para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.383-404.

GOMES, M.S.; PINHO, R.G.; OLIVEIRA, J. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p. 83-90, 2002.

GOMES, M.S.; PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P. et al. Variabilidade genética em linhagens de milho nas características relacionadas com a produtividade de silagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p. 879-885, 2004.

HOFFMAN, P.C.; ESSER, N.M.; SHVER, R.D. et al. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v.94, p. 2465–2474, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE [2014]. **Estatística da Produção Pecuária. Brasília, 2014.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201402_publ_completa.pdf> Acesso em: 12 out. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE [2012]. **Produção da pecuária municipal 2011.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2011/>> Acesso em: 29 abr. 2015.

JANSSEN, H.P. **Adubação nitrogenada para rendimento de milho silagem em sucessão ao azevém pastejado, pré-secado e cobertura em sistemas integrados de produção.** 2009. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JOBIM, C.C. A qualidade da silagem como determinante da produção e da qualidade do leite. Instituto de Estudos Pecuários - **IEPEC**. v. 3442, 2010.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p. 101-119, 2007. Suplemento esp.

JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F.; SANTOS, G.T. Silagem de grãos úmidos na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO: GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 5., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2003. p. 357-376.

JONES, C. M.; HEINRICHS, A. J.; ROTH, G. W. et al. PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY – PENN STATE. **From harvest to feed: Understanding silage management.** State College: Pennsylvania State University, 2004. 40p.

JUNGES, D. **Tempo de armazenamento e manejo do painel no valor nutritivo de silagens de milho.** 2014. 150f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, ESALq, Piracicaba.

JUNGES, D.; MORAIS, G.; DANIEL, J. L. P. et al. Contribution of proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 17., 2015, Campinas. **Proceedings...** Piracicaba: 2015.

KIM, S.C.; ADESOGAN, A.T. Influence of ensiling temperature, simulated rainfall, and delayed sealing on fermentation characteristics and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.89, p. 3122–3132, 2006.

KUNG, L. The effects of length of storage on the nutritive value and aerobic stability of silages. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 3., 2013, Campinas. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2013. p.7-19.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, K. Y. **Princípios de Bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006.

LOPES, J.C.; SHAVER, P.C.; HOFFMAN, M.S. et al. Type of corn endosperm influences nutrient digestibility in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, p. 4541-4548, 2009.

LOPES, F.C.F.; CARNEIRO, J.C.; NOVAES, L.P. et al. Avaliação da degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca de silagens de milho (*Zea mays*, L.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2004.

MAHANNA, B. Dairy Forages: What's new in genetics and management? In: Western Dairy Management Conference. **Proceedings...** Reno, NV, 2015. 24p.

MARTÍNEZ, M.G.; FIGUEROA-CÁRDENAS, J.D.F.; VEGA, M.L.R. et al. Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.29, p. 135-139, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA.
Instrução Normativa 60/2011. Brasília, DF, 2011.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA 2016.
Formulário de Registo de Cultivares. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registo/registo-acional-cultivares/formularios-registro-cultivares-requisitos>. Acesso em: 29 de janeiro de 2016.

MITTELMANN, A; SOUZA SOBRINHO, F.; OLIVEIRA, J, S. et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p. 684-690, 2005.

MORAES, G.J. **Produtividade e valor nutritivo das plantas de milho de textura dentada ou dura em três maturidades para silagem**. 2007. 31f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v.71, p. 2992–3002, 1988.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.127-145.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p. 61-67, 2010.

OWENS, F. Corn Silage – Facts, Fantasies, and the Future. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 1., 2008, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: Pioneer Hi-Bred International, 2008. 31p.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Circular Técnica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Minas Gerais, 2006.

PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G. et al. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p. 411-417, 2009.

PEREIRA, J.R.A. **O mercado de silagem de milho no Brasil. 2013**. Disponível em: http://www.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p_o_mercado_de_silagem_de_milho_no_brasil_cadeia_produtiva_graos_milho_silagem_mercado_5217.aspx. Acesso em: 12 out. 2014.

PEREIRA, J.R.A. Custom services for forage conservation services. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2011. p.183-195.

PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.; BRUNO, R.G.S. et al. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, v.61, n.4, p. 358-363, 2004.

PHILIPPEAU, C. F.; LE DESCHAULT DE MONREDON; B. MICHALET-DOREAU. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal of Animal Science**, v.77, p. 238-243, 1999.

PIOVESAN, R.P.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V. Perdas de nutrientes via subsuperfície em colunas de solo sob fertilização mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.757-766, 2009.

REIS, R.A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. Forragicultura: Ciência, Tecnologia e gestão de recursos forrageiros. Jaboticabal: FUNEP. 714p. 2014.

RIBAS, M.N.; GONÇALVES, L.C.; IBRAHIM, G.H.F. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade no grão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p. 104-115, 2007.

RONZELLI JÚNIOR, P. **Melhoramento genético de plantas**. Curitiba, PR, 1996. 219p.

ROSSI, E. S. **Características bromatológicas e digestibilidade de híbridos de milho com diferentes texturas de grãos**. 2014. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Do Centro-Oeste, Unicentro, Guarapuava.

SALVATI, G. Como avaliar o processamento de grãos durante a colheita e na silagem?. **Boletim da Forragem**. v.4, Jan-Fev. Piracicaba: Esalq, 2016. Disponível em: <http://usp.us11.list-manage.com/track/click?u=aa67fa0a4731a7003f494e875&id=f9761e5a41&e=059eda7a66>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2016.

SENGER, C.C.D.; MÜHLBACH, P.R.F.; SÁNCHEZ, L.M.B. et al. Composição química e digestibilidade ‘in vitro’ de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p. 1393-1399, 2005.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAUJO, P. M. et. al. **Avaliação Estadual de Cultivares de Milho – Safra 2014/2015**. Londrina, 2015. 101p.

STRACK, M; CARVALHO, I.Q. Applied technologies for corn silage production in the Campos Gerais region - Brazil. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 17., 2015, Campinas. **Proceedings...** Piracicaba: 2015.

SZASZ, J.I.; HUNT, C.W.; SZASZ, R.A. et al. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v.85, p. 2214-2221, 2007.

TORAL, F.L.B.; FURLAN, A.C.; SCAPINELLO, C. et al. Digestibilidade de duas fontes de amido e atividade enzimática em coelhos de 35 e 45 dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p. 1434-1441, 2002 (suplemento).

WEISSBACH, F.; HONIG, H. Über die vorhersage und steuerung des gärungsverlaufs bei der silierung von grünfütter aus extensivem anbau. **Landbauforschung Völkenrode**, Heft 1,10-17, Germany, 1996.

WEBER, F.H.; COLLARES-QUEIROZ, F.P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.4, p. 748-753, 2009.

ZOPOLLATO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009 (suplemento especial).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCAL

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Fundação ABC – Pesquisa e Desenvolvimento Agropecuário, no município de Castro, Paraná. O clima da região é classificado por Köppen como Cfb, ou seja, mesotérmico (subtropical e temperado), sempre úmido (sem estação seca definida) e verões amenos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C. Os dados da análise climática (Tabela 1) foram obtidos através da estação meteorológica da Fundação ABC localizada a 100 m do experimento (smaABC, 2015).

A cultura antecessora foi aveia preta para cobertura de solo, dessecada com herbicida a base de glifosato, e antes desta, foi cultivado soja para produção de grãos. O tipo de solo é classificado como Latossolo bruno.

TABELA 1 – Caracterização geográfica e climática do local do experimento. Dados dos últimos 3 anos (smaABC, 2012 a 2015)

Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)	Temperatura Mín. Verão (°C)	Temperatura Média Verão (°C)	Temperatura Máx. Verão (°C)
-24°51'49"	-49°56'61"	1.020	14,4	18,8	24,9

*Verão: Setembro a Abril.

3.1.1. Condições climáticas durante o experimento

A precipitação pluvial na safra 2014/2015 foi de 1386 mm, superior à média histórica de 1223 mm (Figura 2).

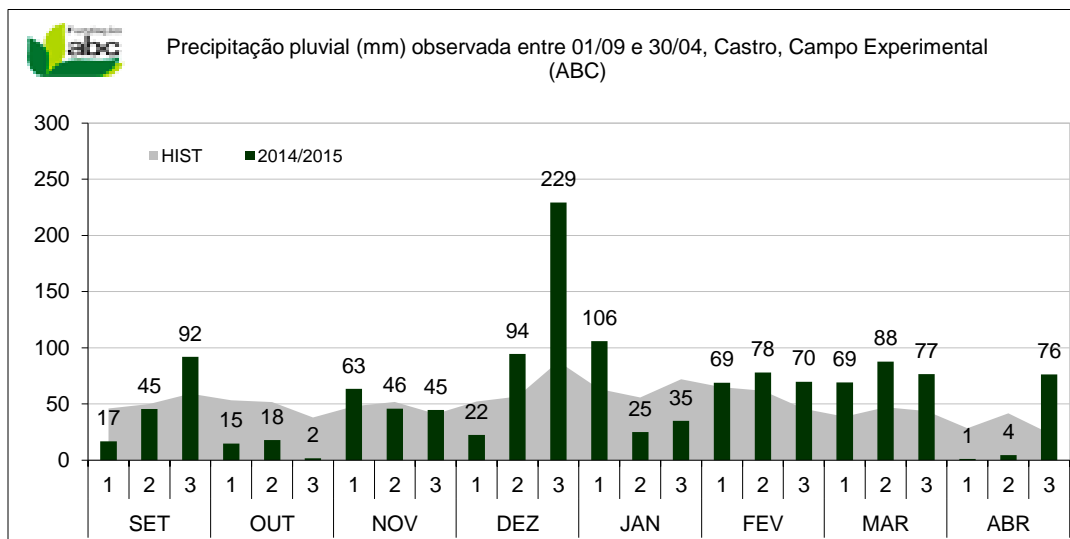


FIGURA 2 – Precipitação pluvial (mm) observada no decorrer do experimento (smaABC, 2015)

As médias de temperaturas ocorridas nos meses de setembro a abril da safra 2014/2015 variaram de 25,6 °C (máximas) a 14,8 °C (mínimas), próximo a série histórica de 3 anos (24,9 °C a 14,4 °C). No início do desenvolvimento da cultura (novembro) a temperatura média foi 18,8 °C e no momento da colheita da silagem (março) a temperatura média foi 19,2 °C (Figura 3).

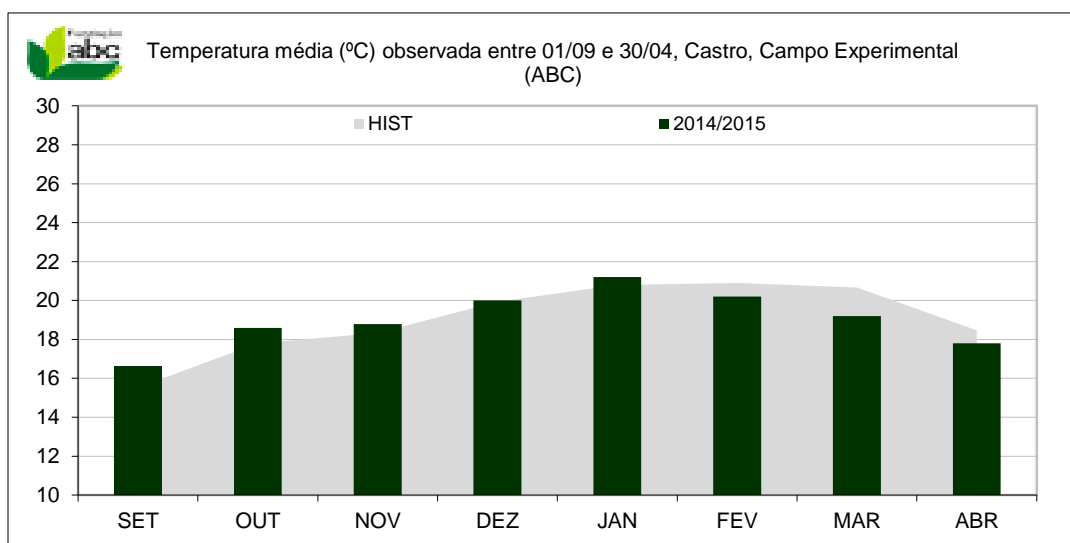


FIGURA 3 – Temperaturas médias (°C) observadas no decorrer do experimento. (smaABC, 2015)

A radiação solar global no ano do experimento teve variações de até 6% em relação à média histórica, porém em valor absoluto a safra 2014/2015 permaneceu com a mesma intensidade em relação à média histórica, 18 MJ m⁻² (Figura 4).

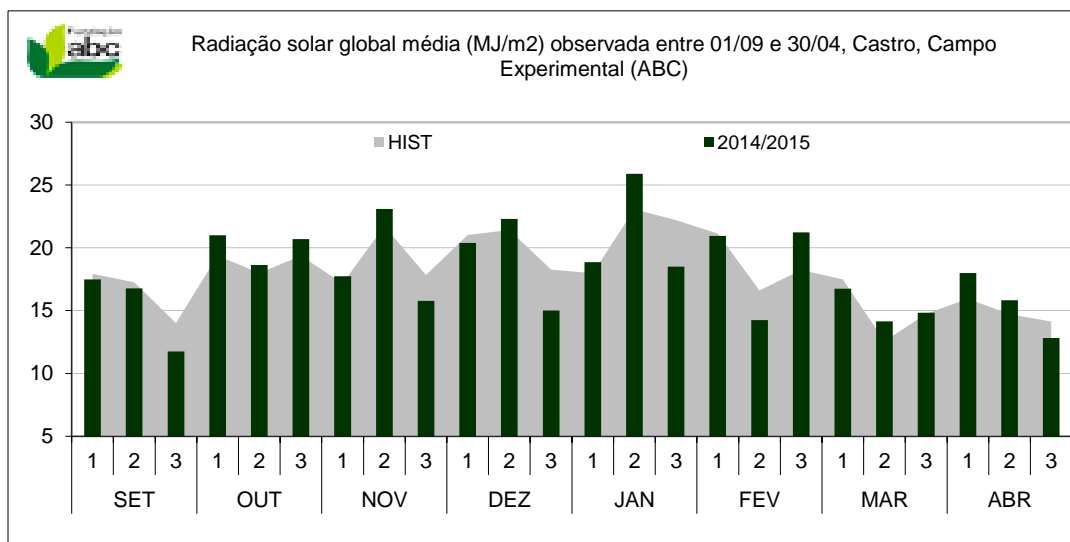


FIGURA 4 – Radiação solar global média (MJ m⁻²) observada no decorrer do experimento (smaABC, 2015)

De forma geral o clima foi favorável em Castro na safra 2014/2015, com adequada precipitação, disponibilidade hídrica, temperatura e radiação solar durante o desenvolvimento da cultura.

3.2. TRATAMENTOS

Foram avaliados treze genótipos de milho brasileiros (P 32R22H; P 1630H; P 30F53YH; AS 1656PRO2; AS 1572PRO; AG 8041PRO; AG 8780PRO3; Fórmula TL; IPR 127 – Branco; WXA 504; Vermelho; Roxo; e Pipoca) e um híbrido comercial norte-americano (DKC 52-61PRO2), em dois pontos de colheita, ponto de silagem e grãos secos.

O híbrido americano, específico para produção de silagens, foi utilizado como controle positivo; a variedade milho pipoca foi utilizada como controle negativo, por ser considerada a de maior dureza do grão.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS GENÓTIPOS DE MILHO

A fim de que os resultados tenham representatividade para as lavouras comerciais, foram escolhidos os genótipos mais semeados na região e também genótipos de endosperma diferenciado como waxy, pipoca, branco e roxo, além de um híbrido importado diretamente dos EUA (DKC 52-61PRO2).

Na Tabela 2 são descritas as principais características agrônômicas dos geótipos avaliados.

TABELA 2 – Características agrônômicas dos genótipos utilizados nos ensaios (Cruz et. al., 2014)

Híbrido	Tipo Cruz.	Ciclo	Uso	Cor Grão	Textura Grão	Estatura Plantas
P 32R22H	HS	SP	G/SPI/SGU	AM	Semiduro	2,77
P 1630H	HS	SP	Grãos	AM	Semident	2,77
P 30F53YH	HS	P	Grãos	AL	Semiduro	2,70
AS 1656PRO2	HS	P	Grãos	AL	Semiduro	2,60
AS 1572PRO	HS	P	Grãos	AM	Semident	2,67
AG 8041PRO	HS	P	Grãos	AM/AL	Semiduro	2,30
AG 8780PRO3	HS	P	Grãos	AM/AL	Semident	2,20
Fórmula TL	HS	SP	Grãos	AL	Duro	2,22
IPR 127	HS	P	Grãos	Branco	Duro	2,30
WXA 504	HS	P	Amido	Ceroso	Duro	2,00
Pipoca*	-	-	-	-	-	-
Roxo*	-	-	-	-	-	-
Vermelho*	-	-	-	-	-	-

Legenda: HS: híbrido simples; SP: superprecoce; P: Precoce; G/SPI/SGU: grãos, silagem planta inteira e silagem de grão úmido; AM: amarelo; AL: alaranjado. *Sem informação.

Na Tabela 3 são descritas as reações dos híbridos de milho às principais doenças foliares: Ferrugem Comum (*Puccinia sorghi*), Mancha Branca (*Phaeosphaeria maydis*), Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*), Helminthosporiose Comum (*Exserohilum turcicum*) e Mancha de Diplodia (*Stenocarpella macrospora*), através de compilação de dados dos setores de monitoramento de pragas e doenças, fitopatologia, fitotecnia e forragicultura da Fundação ABC em diversos locais e safras (SID, 2015).

TABELA 3 – Reação dos genótipos de milho às principais doenças foliares. Fundação ABC, 2015

Híbrido	Ferrugem Comum	Mancha Branca	Cercosporiose	Helmintosporiose	Mancha Diplodia
P 32R22H					
P 1630H					
P 30F53YH					
AS 1656PRO2					
AS 1572PRO					
AG 8041PRO					
AG 8780PRO3					
Fórmula TL					
IPR 127*	*	*	*	*	*
WXA 504					
Pipoca*	*	*	*	*	*
Vermelho*	*	*	*	*	*
Roxo*	*	*	*	*	*
DKC 52-61PRO2*	*	*	*	*	*

Verde: moderadamente resistente; Amarelo: moderadamente suscetível; Vermelho: altamente suscetível. *Sem informação.

3.4. UNIDADES EXPERIMENTAIS

O experimento foi composto por 56 parcelas, 14 genótipos e quatro blocos. As parcelas foram constituídas de quatro linhas espaçadas de 0,80 m, com cinco metros de comprimento, com área útil formada pelas duas linhas centrais de quatro metros. A linha da esquerda da área útil foi utilizada para a colheita da silagem (3,2 m²) e a da direita para a colheita de grãos secos (3,2 m²). Cada parcela possuía uma linha de milho e uma linha de sorgo de bordadura para reduzir o cruzamento entre os genótipos de milho. Foi utilizado espaçamento de 0,80 m para facilitar o manejo de colheita das parcelas.

3.5. SEMEADURA, ADUBAÇÃO E TRATOS CULTURAIS

A semeadura foi realizada manualmente dia 29 de outubro de 2014, com três sementes por cova e posterior desbaste para uma população esperada de 70.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base foi com 400 kg ha⁻¹ de 13-31-00 + 1% Zn no sulco de semeadura e de cobertura com 600 kg ha⁻¹ de 25-00-25 a lanço com o milho entre V2 e V4. As sementes foram tratadas com produto a base de imidacloprid + thiodicarb na dose de 1,5 litros por 100 kg de sementes.

Foram realizadas aplicações de inseticidas, herbicidas e fungicidas de acordo com as recomendações regionais.

TABELA 4 – Aplicações de inseticidas, herbicidas e fungicidas realizadas no experimento

Tipo	Ingrediente Ativo	Dose (mL ha ⁻¹)		Fase
		Produto Comercial	Ingrediente Ativo	
Inseticida	Metomil	400	86	Dessecação sem.
	Thiamethoxam + Lambda-cialotrina	250	35 + 26	1 semana após sem.
	Espinosade	60	29	V2
	Indoxacarb	400	60	V4
Herbicida	Atrazina	6000	2.400	V2 e V4
Fungicida	Azoxistrobina + Ciproconazol	300	60 + 24	V8
	Óleo Mineral		0,5%	

3.6. AVALIAÇÕES

3.6.1. Dias para colheita da silagem

Toda semana era retirada uma espiga de cada tratamento, fora da área útil, para verificar a linha do leite dos grãos e estimar o teor de MS. Quando os grãos apresentavam 2/3 da linha do leite (duas frações farináceas e uma leitosa) e um aspecto visual de plantas compatível a 30-35% de MS, era realizada a colheita. Os dias para colheita da silagem resultaram da diferença entre a data de colheita e a data de semeadura, corrigido para 33% de MS:

$$\text{Ciclo} = (\text{data colheita} - \text{data semeadura}) + (33 - \text{matéria seca})$$

3.6.2. População final

No ponto de colheita para silagem foi feita a contagem das plantas na área útil de cada parcela e calculado o número de plantas por hectare.

3.6.3. Estatura de plantas

Quando as plantas estavam no ponto de colheita para silagem foi medida a estatura de plantas, do chão até a base da folha bandeira, em cinco plantas no centro de cada parcela. Utilizou-se uma régua graduada em centímetros.

3.6.4. Doenças

No dia da colheita para silagem foi realizada por técnicos treinados da Fundação ABC a avaliação visual de severidade de doenças na área útil, com notas de zero a dez, onde zero para plantas não afetadas e dez para plantas totalmente afetadas (Schipanski, 2011). As doenças avaliadas foram: Ferrugem Comum (*Puccinia sorghi*), Cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*), Mancha Branca (*Phaeosphaeria maydis*), Helmintosporiose comum (*Exserohilum turcicum*) e Mancha de diplodia (*Stenocarpella macrospora*).

3.6.5. Produção de massa verde

A colheita foi de forma manual, através do corte no segundo nó do colmo das plantas, em torno de 20 cm do solo. As plantas eram identificadas pelo número da parcela, transportadas até o barracão e pesadas em balança digital (Urano 20/2). A produção foi calculada para kg de massa verde ha⁻¹.

3.6.6. Ensilagem

Após pesagem, as plantas foram picadas com ensiladora (Vencedora Maqtron, modelo M – 613) (Figura 5), ajustada para o tamanho de partículas adequado ao padrão de silagem de milho das peneiras “Penn State” (Tabela 5).



FIGURA 5 – Momento da picagem da planta inteira de milho para ensilagem

TABELA 5 – Recomendação de distribuição adequada do tamanho de partículas para silagem

Peneira	Tamanho Peneiras	Distribuição Adequada	Distribuição Encontrada
1	> 19 mm	3-8%	10%
2	8 a 19 mm	45-65%	57%
3	1,18 a 8 mm	30-40%	32%
4	< 1,18 mm	<5%	1%

Jones et al., 2004

A forragem picada foi ensilada em silos experimentais compostos por baldes plásticos com capacidade para 20 litros. Cada silo recebeu 13,7 kg de forragem picada a fim de atingir a massa específica média da região estudada, que é de 687 kg m⁻³ de massa verde. A forragem picada foi depositada em lona plástica, homogeneizada manualmente e compactada nos baldes revestidos por sacos plásticos (Figura 6). Após a compactação, o plástico foi vedado com fita adesiva, retirado o excesso de ar (Figura 7) e o silo vedado novamente com tampa plástica e fita adesiva.



FIGURA 6 – Compactação nos mini silos



FIGURA 7 – Silos vedados com sacos plásticos e fita adesiva

3.6.7. Produção de massa seca

No momento da ensilagem foi coletada e identificada uma amostra de 300 g de forragem de cada parcela para secagem a 60°C por 72 horas em estufa de ventilação forçada (Fanem, modelo 320E) e posterior determinação do teor de MS

(%) segundo AOAC (1998). Através da porcentagem de MS e produção de massa verde, foi calculada a produção de massa seca, em kg ha⁻¹.

3.6.8. Produção de grãos no ponto de silagem

Foram coletadas cinco espigas de cada parcela, debulhadas manualmente e pesadas em balança da marca Urano 20/2. A seguir foram identificadas e determinado em laboratório o teor de MS (%) através da secagem a 60°C por 72 horas em estufa de ventilação forçada (Fanem, modelo 320E), para cálculo da produção de grãos secos no ponto de silagem (kg ha⁻¹).

3.6.9. Dias para colheita grãos secos

Quando os grãos apresentavam em média 22% de umidade, era realizada a colheita. Os dias para colheita resultaram da diferença entre a data de colheita e a data de semeadura, ajustado para 13% de umidade:

$$\text{Ciclo} = (\text{data colheita} - \text{data semeadura}) - (13 - \text{umidade})$$

3.6.10. Produção de grãos secos

No momento da colheita, eram selecionadas doze espigas, ensacadas com identificação do número de parcela, trilhadas em debulhadora elétrica da marca Marumby, pesadas e medida a umidade através da secagem por 72 horas a 60°C em estufa de ventilação forçada (Fanem, modelo 320E). A produtividade de grãos secos foi calculada pela massa da amostra, corrigindo-se a 13% de umidade e extrapolado para kg ha⁻¹, através da fórmula (Weber, 1995):

$$\text{Peso Final} = \text{Peso Inicial} \times \frac{(100 - \text{Umidade Inicial})}{(100 - \text{Umidade Final})}$$

3.6.11. Massa de mil grãos

Da amostra utilizada para determinação da produtividade dos grãos secos, foram contados 250 grãos e pesados em balança semianalítica (Gehaka, modelo BK 300). Este valor foi multiplicado por quatro e corrigido para 13% de umidade.

3.6.12. Grãos ardidos

Da amostra utilizada para determinação da produtividade de grãos foram retirados 250 gramas, dos quais foram separados manualmente os grãos caracterizados como ardidos.

De acordo com a Instrução Normativa 60/2011, artigo 3 (MAPA, 2011), grãos ardidos são aqueles grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento total, por ação do calor, umidade ou fermentação avançada atingindo a totalidade da massa do grão, sendo também considerados como ardidos, devido à semelhança de aspecto, os grãos totalmente queimados.

A relação entre massa dos grãos afetados e massa da amostra resultou na porcentagem de grãos ardidos.

3.6.13. Análise de densidade

Para que a amostra ficasse isenta de umidade, inicialmente foi determinada a umidade dos grãos em estufa de 105°C por 24 horas.

A avaliação consistiu em encher de água deionizada o picnômetro de vidro (Vidrolabor) com capacidade de 400 mL e adicionar 30 gramas de grãos. A densidade (g cm^{-3}) foi calculada pelo quociente entre o volume de perda de água do picnômetro pela massa de amostra adicionada.

3.6.14. Vitreosidade dos grãos

Os grãos secos permaneceram por 72 horas a 60°C em estufa de ventilação forçada (Fanem, modelo 320E) para a classificação da vitreosidade através da dissecação manual.

Foram separados 100 grãos de cada unidade experimental (parcela), divididos em dez grupos homogêneos e selecionado um grão de cada grupo. Estes

grãos permaneceram embebidos em água destilada por cinco minutos e secos com papel toalha para retirar o excesso de umidade. Para a remoção manual do pericarpo e germe foi utilizado bisturi (Dombrink-Kurtzman e Bietz, 1993), e os grãos permaneceram secando por 24 horas em temperatura ambiente. No dia seguinte, foram pesados em balança analítica (Ohaus Corporation, modelo AR2140), para a determinação do peso do endosperma total. O endosperma farináceo foi removido com um bisturi e o endosperma vítreo remanescente foi pesado. A determinação da vitreosidade foi calculada como a porcentagem de endosperma vítreo em relação ao endosperma total (Corrêa et al., 2002).

Com base nos resultados de vitreosidade obtidos, os híbridos foram agrupados em quatro classes: duros, semiduros, semimoles e moles através da análise de agrupamento de Scott-Knott.

3.6.15. Abertura dos silos

Os silos permaneceram fechados por 150 dias, um período seguro para avaliar o real efeito da ensilagem em relação a forragem fresca, além de ser um tempo de estocagem representativo na região de estudo. Após abertura a silagem de cada balde foi despejada em uma lona plástica e homogeneizada. Após, foi coletada uma amostra de aproximadamente 1 kg para as análises químicas, realizadas no laboratório Físico-Químico da Fundação ABC.

3.6.16. Amido

Para determinação do amido, as amostras permaneceram por 72 horas a 60°C em estufa de ventilação forçada (Fanem, modelo 320E), foram moídas em moinho tipo Willey na peneira de 1 mm. Da amostra já moída, foi pesado 1g em balança analítica (Ohaus Corporation, modelo AR2140) e colocado em tubos de ensaio com tampa, juntamente com 15 mL do tampão acetato, 200 uL de cloreto de cálcio 0,2% e 100 uL da enzima Termamyl. A solução permaneceu em ebulição por 30 minutos. Posteriormente, foi retirada do banho fervente, e após resfriar foi adicionado 200 uL da enzima amiloglucosidase, passando para banho maria a 60°C por 24 horas.

Passado este tempo, a amostra foi transferida para tubo de centrifuga (tubo falcon) com tampa, centrifugado (4.000 RPM) por 10 minutos e coletado o

sobrenadante em balão de 100 mL, por três vezes. Terminada a centrifugação, o balão foi completo com água deionizada, homogeneizado e realizado as diluições (silagem e planta inteira 1:100 mL, grãos 1:200 mL).

Posteriormente, em tubo de ensaio foi colocado 1 mL de água, 1 mL da amostra diluída e 1 mL de glicose oxidase (reativo de GOD). Após 20 minutos à temperatura ambiente, foi realizada a leitura em espectofotômetro a 520 nm.

A curva foi desenvolvida utilizando glicose PA (pureza analítica) como padrão, nas concentrações de 6,25 a 50 mg L⁻¹ (Demiate et al., 2001):

$$\text{Amido (\%)} = \frac{(\text{leitura em concentração} \times 1^{\text{a}} \text{ diluição} \times 2^{\text{a}} \text{ diluição})}{\text{Peso amostra (g)}} \times 10.000$$

3.6.17. Degradabilidade ruminal da planta inteira, da silagem e dos grãos

As amostras permaneceram por 72 horas a 60°C em estufa de ventilação forçada (Fanem, modelo 320E), foram moídas em moinho tipo Willey na peneira de 1 mm. Posteriormente, as amostras foram pesadas em balança analítica (Ohaus Corporation, modelo AR2140) e adicionadas nos “bags de filtragem” (F57, da marca Ankom). Para análise da planta inteira e silagem foram pesados 0,6 gramas e para os grãos 1,3 gramas em cada “bag de filtragem”. Os tratamentos foram incubados nos frascos em duplicatas de acordo com os blocos estatísticos, ou seja, cada um dos quatro frascos possuía 28 amostras (14 tratamentos, 2 amostras cada).

Foram preparadas duas soluções iniciais: Solução A: Fosfato de Potássio (10 g L⁻¹), Sulfato de Magnésio (0,5 g L⁻¹), Cloreto de Sódio (0,5 g L⁻¹), Cloreto de Cálcio (0,1 g L⁻¹), Uréia (0,5 g L⁻¹) e Solução B: Carbonato de Sódio (15 g L⁻¹) e Sulfeto de Sódio (1,0 g L⁻¹). Ambas as soluções foram pré-aquecidas (39°C) e misturadas na proporção 5:1 (A:B), com 1.600 mL de mistura para cada um dos frascos e um pH final de 6,8, a solução permaneceu aquecida no equipamento (Daisy II) por um período de 30 minutos.

A coleta do líquido ruminal foi realizada em vaca lactante provido de cânula ruminal, alimentado de silagem de milho, pré-secado de azevém, caroço de algodão, pastagem de tifton e concentrado fornecido pela cooperativa (B18). O líquido foi transportado até o laboratório em garrafa térmica, com aplicação de CO₂ para manter o ambiente livre de oxigênio. No laboratório, este inóculo ruminal foi

homogeneizado por liquidificador e filtrado através de gaze em um becker até um volume de 400 mL para cada frasco, também com aplicação de CO₂. Os frascos foram retirados do Daisy II para a adição do inóculo ruminal e das amostras e novamente aplicado CO₂.

As amostras permaneceram em incubação por 7 horas. Ao término da incubação, os frascos foram removidos e as amostras lavadas em água morna até que esta água ficasse clara e limpa. Em seguida, as amostras foram lavadas com acetona e levadas por 24 horas para secagem em estufa à 105°C. Após, os “bags de filtragem” foram pesados novamente (Tilley e Terry, 1963):

$$\text{Degradabilidade ruminal } in vitro (7h) (\%) = 100 - \frac{\text{Peso da amostra final}}{\text{Peso da amostra inicial}} \times 100$$

3.6.18. Degradabilidade do amido

Foi realizada análise de amido nas amostras antes e após a degradação ruminal *in vitro*, conforme metodologia descrita no item 3.6.16. A avaliação da degradabilidade foi realizada de acordo com o descrito no item 3.6.17. Cada amostra foi incubada em duplicata no Daisy II, após pesagem final dos “bags de filtragem”, as amostras em duplicatas foram retirada dos “bags” e homogeneizadas para ter quantidade suficiente para a análise de amido final (Tilley e Terry, 1963):

$$\text{Degradabilidade ruminal } in vitro \text{ amido (7h) (\%)} = \frac{(\text{Peso Amostra Inicial} \times \text{Amido Inicial}) - (\text{Peso Amostra Final} \times \text{Amido Final})}{(\text{Peso Amostra Inicial} \times \text{Amido Inicial})} \times 100$$

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 14 tratamentos (genótipos) e quatro repetições.

As análises estatísticas foram realizadas através do programa SAS 9.3. Primeiramente foi verificada a normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk (PROC UNIVARIATE). A seguir foi utilizada a metodologia Box-Cox para

verificar a homogeneidade das variâncias e necessidade de transformação dos dados (PROC TRANSREG). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e quando houve significância ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (PROC GLM).

A separação dos grupos de textura de grãos (Duro, Semiduro, Semimole e Mole) foi realizada pelo teste de agrupamento de Scott-Knott ($P < 0,05$), através do programa SASM-Agri. As variáveis degradabilidade da MS, amido e degradabilidade do amido foram comparadas entre os grupos através da análise de variância (PROC GLM) com um delineamento experimental inteiramente casualizado. Quando houve significância ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (PROC GLM).

A vitreosidade foi correlacionada com todas as variáveis pela análise de correlação de Pearson (PROC CORR). Correlações foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SEVERIDADE DE DOENÇAS

A maior produtividade do milho em regiões temperadas é obtida quando ocorre elevada radiação solar incidente sob temperaturas médias amenas (Didonet et. al., 2002). Em Castro este período é próximo ao terceiro decêndio de setembro. Em semeaduras mais tardias (final de outubro no presente ensaio), a severidade de doenças é maior (Schipanski, 2011), principalmente para híbridos hiperprecoces e superprecoces, que com as elevadas temperaturas acumulam rapidamente a necessária soma calórica (Shiogo et. al., 2015).

Na Tabela 6 encontram-se as notas de severidade de doenças foliares avaliadas no ponto de silagem.

TABELA 6 – Notas de severidade de doenças foliares avaliadas no ponto de silagem dos híbridos utilizados no ensaio

Genótipo ¹	Ferrugem Comum (0 - 10)	Mancha Branca (0 - 10)	Cercos- poriose (0 - 10)	Helmintos- poriose (0 - 10)	Mancha Diplodia (0 - 10)
Pipoca	0,5	5,1 b	0,6 bc	8,5a	0,5abcd
DKC 52-61PRO	0,5	5,8ab	0,9ab	6,5 b	0,5abcd
IPR 127 - Branco	0,8	7,4a	0,9ab	3,1 c	0,6abc
WXA 504	0,7	7,2a	1,2a	2,4 cde	0,5abcd
Fórmula TL	0,7	6,3ab	1,3a	2,4 cde	0,6ab
P 1630H	0,5	7,4a	0,3 c	2,9 c	0,2 cd
P 32R22H	0,6	5,8ab	0,6 bc	2,5 cd	0,3 bcd
Roxo	0,5	5,9ab	0,4 bc	2,3 cdef	0,2 d
Vermelho	0,6	5,1 b	0,9ab	1,9 defg	0,6abc
AS 1656PRO2	0,6	5,2 b	1,3a	1,0 g	0,6abc
AG 8041PRO	0,6	4,8 b	0,6 bc	1,5 efg	0,8a
AG 8780PRO3	0,5	5,1 b	0,4 bc	1,1 g	0,2 bcd
P 30F53YH	0,6	4,6 b	0,6 bc	1,2 g	0,3 bcd
AS 1572PRO	0,7	2,7 b	0,8abc	1,4 fg	0,6abc
Média	0,6	5,6	0,8	2,7	0,4
CV (%)	24,9	12,3	27,8	13,9	35,1
Valor P	0,0609	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

¹Controle negativo (pipoca) e controle positivo (DKC 52-61PRO2)

As duas doenças foliares que mais afetaram a cultura durante o ciclo de desenvolvimento foram a Mancha Branca, causada pela bactéria *Pantoea ananatis*, e a Helmintosporiose, causada pelo fungo *Exserohilum turcicum* (Costa et al., 2013).

De acordo com o Sistema de Informação de Doenças e Pragas da Fundação ABC (SID, 2015) na safra 2014/2015 a Mancha Branca apresentou uma evolução mais acentuada, principalmente em áreas cultivadas com híbridos mais suscetíveis como P 1630H e P 32R22H. Os genótipos que tiveram maiores notas para severidade de Mancha Branca foram o IPR 127 – Branco, P 1630H (nota 7,4) e o WXA 504 (nota 7,2), a menor nota de severidade foi para o AS 1572PRO, com 2,7 pontos.

O milho pipoca e o DKC 52-61PRO2 foram os híbridos mais afetados pela Helmintosporiose comum, com notas de severidade média de 8,5 e 6,5 pontos, respectivamente. A Helmintosporiose caracteriza-se como a principal doença foliar do milho pipoca (Vieira et al., 2009).

A ocorrência de precipitações acima da média no fim do mês de Dezembro e início de Janeiro (Figura 2), época em que as plantas estavam em pleno

florescimento, favoreceram o desenvolvimento dessas doenças, conhecidas por seu grande poder de redução de área foliar fotossinteticamente ativa com perdas expressivas de produtividade (Schipanski, 2011).

Os genótipos mais afetados pelas doenças também foram os que apresentaram menores produtividades de massa seca (Tabela 8) e grãos (Tabela 9). Possivelmente, a severidade de Mancha Branca e Helminthosporiose tenham impactado negativamente no potencial produtivo destes materiais.

Dessa forma, o controle de doenças foliares na cultura do milho para silagem pode ser uma estratégia para reduzir perdas de massa seca e produtividade de grãos, devendo ser monitorada principalmente em regiões mais susceptíveis e em anos que as condições climáticas são favoráveis ao desenvolvimento das doenças.

4.2. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO PONTO DE SILAGEM

Na Tabela 7 encontram-se os resultados de ciclo, estatura de plantas e população final do ponto de silagem.

TABELA 7 – Ciclo, estatura de plantas e população final no ponto de silagem

Genótipo ¹	Ciclo Silagem (dias)	Estatura Plantas (cm)	População Final (plantas ha ⁻¹)
IPR 127 - Branco	141a	254 c	73438
AS 1572PRO	137 b	262 bc	71875
AS 1656PRO2	136 b	256 c	72656
AG 8041PRO	136 bc	250 c	74219
Roxo	132 cd	287 a	67188
Vermelho	132 cd	246 c	70313
P 30F53YH	131 d	250 c	73438
WXA 504	131 d	221 d	71094
Fórmula TL	129 de	252 c	74219
P 32R22H	125 ef	278 ab	72656
AG 8780PRO3	124 f	250 c	70313
Pipoca	122 f	195 e	66406
P 1630H	117 g	264 bc	74219
DKC 52-61PRO2	114 g	217 d	67969
Média	129	249	71429
CV (%)	1,3	3,0	5,6
Valor P	<,0001	<,0001	0,0833

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

¹Controle negativo (pipoca) e controle positivo (DKC 52-61PRO2)

Os resultados de dias para a colheita de silagem deixam evidente as variações de ciclo entre os genótipos avaliados ($P < 0,0001$). O mais tardio foi o IPR 127 – Branco (141 dias) e os mais precoces foram DKC 52-61PRO2 (114 dias) e P 1630H (117 dias), com média geral de 129 dias da semeadura à colheita da silagem.

Zopollatto et al. (2009) avaliaram diferentes híbridos para silagem em Piracicaba, SP, e obtiveram menores ciclos, de 98 a 112 dias. Essa diferença possivelmente está relacionada a diferença de clima em relação a Castro, onde o ciclo da cultura do milho é estendido por acumular menor soma térmica ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$) em relação a outras regiões mais quentes. Nas condições do Sul do Brasil, o fator determinante da precocidade é a soma térmica, que depende do local, época de semeadura e clima (Carvalho, 2007).

Para Paziani et al. (2009), a precocidade favorece a produção de milho para silagem, pois híbridos mais precoces apresentam maior produção de massa verde, massa seca, produção de grãos na ensilagem e na maturidade. Desta forma, a semeadura de híbridos mais precoces é uma opção interessante para o milho safrinha.

A estatura média das plantas foi de 249 cm, com variações ($P < 0,0001$) entre 195 a 287 cm. Martin et al. (2012) avaliaram diferentes híbridos para silagem e obtiveram 230 cm de estatura média de plantas. Neumann et al. (2008) encontraram menores estaturas, 178 a 209 cm. Esta variação ocorre em decorrência das diferentes condições ambientais, fertilidade dos solos e características intrínsecas dos híbridos avaliados nos estudos em questão.

A menor estatura foi no milho Pipoca (195 cm) e este resultado concorda com a literatura, com valores que variam de 160 a 217 cm para esta variedade (Sawazaki et. al., 2000).

O híbrido DKC 52-61PRO2 também esteve entre as menores estaturas, fato que pode estar relacionado aos problemas de adaptação desse híbrido norte-americano às condições do experimento.

A maior estatura de plantas está associada à maior produção de massa para ensilagem (Paziani et al., 2009; Menezes et al., 2013), porém essa variável pode reduzir a qualidade bromatológica, uma vez que aumenta a porcentagem de colmo em relação à espiga.

Não ocorreram diferenças para populações de plantas entre os híbridos ($P = 0,0833$). A população final esperada era de 70.000 plantas ha^{-1} , e a média geral permaneceu dentro do esperado com 71.429 plantas ha^{-1} .

Em ensaio realizado em Castro com espaçamento entre linhas de 80 cm, a maior produção de grãos ($12.184 \text{ kg ha}^{-1}$), foi alcançada com população final de 80 mil plantas ha^{-1} (Molin et al., 2009). No presente estudo, a população final de plantas foi reduzida ($70.000 \text{ plantas ha}^{-1}$), com o objetivo de diminuir a competição entre plantas devido à semeadura mais tardia.

Na Tabela 8 encontram-se os resultados de produção de grãos, massa verde, porcentagem de MS e produção de massa seca no ponto de silagem. Para todas essas variáveis de desempenho agrônomo verificou-se diferenças entre os híbridos ($P < 0,0001$).

TABELA 8 – Umidade e produção de grãos, massa verde, porcentagem de MS e produção de massa seca no ponto de silagem

Genótipo ¹	Umidade Grãos Silagem (%)	Produção Grãos Silagem (kg ha^{-1})	Produção Massa Verde (kg ha^{-1})	Matéria Seca (%)	Produção Massa Seca (kg ha^{-1})
AS 1656PRO2	32 g	14785a	68370abc	35ab	23647a
AS 1572PRO	38 def	10735 cde	73619 ab	31 bcde	22943ab
Fórmula TL	36 f	12594 b	67131 abc	32 bcd	21651abc
AG 8041PRO	39 bcde	11397 bcd	77141 a	28 ef	21574abc
P 30F53YH	39 def	11588 bc	72139 ab	30 cde	21431abc
AG 8780PRO3	42abc	10497 cde	69605 abc	30 cde	21069abc
Vermelho	37 ef	8997 e	66367 abc	29 de	19278 bcd
P 32R22H	39 bcde	10743 cde	66164 abc	29 de	19272 bcd
IPR 127 - Branco	36 f	9986 cde	64513 bcd	30 cde	19218 bcd
P 1630H	43a	10150 cde	48966 e	37a	18180 cd
WXA 504	38 def	10301 cde	58447 cde	30 cde	17776 cd
DKC 52-61PRO2	42ab	9717 de	48603 e	33abc	16218 d
Roxo	40 bcd	6499 f	53455 de	29 de	15310 d
Pipoca	37 def	3180 g	28958 f	25 f	7177 e
Média	38	10083	61677	31	18910
CV (%)	3,2	7,2	8,0	5,3	8,5
Valor P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

¹Controle negativo (pipoca) e controle positivo (DKC 52-61PRO2)

O híbrido AS 1656PRO2 apresentou maior produção de grãos no ponto de silagem ($14.785 \text{ kg ha}^{-1}$); já o milho pipoca obteve a menor produção (3.180 kg ha^{-1}). A média de produção de grãos na silagem neste estudo foi expressiva (10.083 kg

ha⁻¹), sendo 45% maior em relação a um estudo realizado no estado de São Paulo (Paziani et. al., 2009). Valores não tão expressivos também foram verificados em ensaio realizado em Minas Gerais, com produção média de 7.127 kg ha⁻¹ de grãos no ponto de silagem (Alvarez et al., 2006). Essas diferenças de produção se devem principalmente a diversidade de locais, híbridos e características agronômicas de manejo entre os distintos ensaios. A região de Castro/PR é considerada a de maior aplicação de tecnologia na produção de silagens de milho no Brasil (Schmidt et al., 2015).

Os resultados de produção de massa verde indicaram maior produção ($P < 0,0001$) para o híbrido AG 8041PRO (77.141 kg ha⁻¹), porém semelhante aos genótipos AS 1572PRO2, P 30F53YH, AG 8780PRO3, AS 1656PRO2, Fórmula TL, Vermelho e P 32R22H, a menor produção foi para o milho Pipoca (28.958 kg ha⁻¹). Em valor absoluto, se compararmos a produção média do ensaio (61.677 kg ha⁻¹) com o híbrido mais produtivo, foram 15.464 kg ha⁻¹ a mais de massa verde que a média, apenas por influência do genótipo.

Em ensaio realizado em Guarapuava, PR, a produção média de massa verde foi semelhante à do atual estudo, 60.367 kg ha⁻¹ (Neumann et. al., 2008). Na região Sudoeste do Paraná, a produção de massa verde variou de 41.069 a 50.055 kg ha⁻¹ para diferentes híbridos de milho no ponto de silagem (Lupatini et al., 2004).

A utilização de técnicas agronômicas como manejo e conservação de solos, adubação, controle de plantas daninhas e pragas, além do local, clima, tipo de solo, tipo de híbrido, estágio de colheita, população, espaçamento, época de semeadura entre outros diversos fatores, afetam de maneira direta e significativa a produção de massa na cultura do milho. Dessa forma, a comparação entre híbridos deve ser feita dentro de cada ensaio em condições homogêneas. A comparação de valores e médias entre ensaios acaba sendo menos pertinente.

O teor de MS, por ocasião da ensilagem, influi sobre a dinâmica da fermentação e conservação da massa ensilada. Para produção de silagem, o momento ideal para a colheita é quando a planta inteira apresenta entre 30% a 35% de MS (Nussio et al., 2001). Na média geral os teores de MS ficaram dentro dessa faixa, com média de 31% de MS. O milho Pipoca foi o material com menor teor de MS (25%), pois dentro do protocolo experimental foi necessário adiantar sua colheita devido a alta severidade de doenças que tornavam as folhas senescentes.

Um dos fatores mais importantes para tomada de decisão na escolha do híbrido é a produção de massa seca. Na Tabela 8 é possível verificar a grande diferença de produção entre os genótipos (7.177 a 23.647 kg ha⁻¹), o que equivale a uma variação de 230%, se eliminarmos o milho pipoca, a variação reduz para 54%, contudo, ainda expressiva. O híbrido AS 1656PRO2 foi o mais produtivo, porém, não diferindo dos híbridos AS 1572PRO, Fórmula TL, AG 8041PRO, P 30F53YH e AG 8780PRO3, o genótipo menos produtivo foi o pipoca. Se compararmos o híbrido mais produtivo com a média do ensaio (18.910 kg ha⁻¹), o incremento de produção foi de 4.737 kg de MS ha⁻¹.

A produção média geral do ensaio foi semelhante ao estudo conduzido em São Paulo em diversas safras e híbridos, de 18.690 kg ha⁻¹ (Paziani et al., 2009). Em Minas Gerais foram encontradas produtividades menores, variando de 13.700 a 17.200 kg ha⁻¹. Porém, os autores afirmam que são valores semelhantes aos obtidos em experimentos de avaliação de híbridos comerciais naquela região (Gomes et al., 2002). Em ensaio realizado em Ponta Grossa, PR, cidade com características climáticas semelhantes a Castro, as produções de massa seca variaram de 12.400 a 22.100 kg ha⁻¹ com diferentes híbridos, já nas cidades dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, as produções variaram de 8.690 a 19.220 kg ha⁻¹ (Mittelmann et. al., 2005).

Conforme esperado, a menor produção foi verificada no milho Pipoca, uma vez que é um material de menor porte (195 cm) e não destinado à produção de silagem. Eliminando o milho Pipoca da base de dados, a produção média se eleva para 19.813 kg de MS ha⁻¹, sendo o valor bastante alto, mesmo com atraso de um mês em relação a época ideal de semeadura (terceiro decêndio de setembro).

A avaliação geral das variáveis de produtividade permite inferir que tanto para produção de massa seca quanto para produção de grãos os valores foram expressivos, principalmente porque a grande maioria dos genótipos avaliados são posicionados para silagem na região de Castro, com alta capacidade produtiva e adaptados as condições climáticas. Além disso, o manejo de solo, os níveis de adubação e os controles fitossanitários, contribuíram para este resultado positivo. Provavelmente, se a semeadura fosse no mês de setembro, a severidade de doenças seria menor e os genótipos teriam expressado ainda mais seu potencial genético para alta produtividade.

4.3. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO PONTO DE GRÃOS SECOS

Na Tabela 9 encontram-se os resultados de ciclo, densidade, peso de mil grãos, grãos ardidos, umidade e produção de grãos no ponto de colheita de grãos secos. Verificou-se diferenças entre híbridos ($P < 0,0001$) para todos estes parâmetros de desempenho agrônomo.

TABELA 9 – Ciclo, massa mil grãos, grãos ardidos, umidade, produção grãos secos e densidade

Genótipo ¹	Ciclo Grãos (dias)	Massa Mil Grãos (g)	Grãos Ardidos (%)	Umidade Grãos (%)	Produção Grãos Secos (kg ha ⁻¹)	Densidade Grãos (g cm ⁻³)
AS 1656PRO2	171 cd	375abc	0,0 c	18 gh	16736a	1,148ab
Fórmula TL	162 g	305 de	0,0 bc	27 c	15680ab	1,130abc
P 30F53YH	174ab	378abc	0,0 c	21 de	15355ab	1,110abcd
AG 8041PRO	170 d	403a	0,0 c	17 h	15097ab	1,141ab
P 32R22H	155 h	342 cd	0,2 bc	20 ef	14466 bc	1,141ab
AG 8780PRO3	165 ef	380ab	0,1 bc	30ab	14061 bcd	1,036 e
AS 1572PRO	171 cd	364 bc	0,2 bc	18 fgh	13991 bcd	1,162a
P 1630H	150 i	264 f	0,1 bc	23 d	12421 cde	1,036 e
WXA 504	166 e	362 bc	0,0 c	31a	12333 cde	1,062 de
Vermelho	172 bc	369abc	0,0 c	19 efg	12289 de	1,150ab
DKC 52-61PRO2	145 j	315 de	0,7a	18 fgh	11013 ef	1,065 de
IPR 127 - Branco	176a	296 ef	0,0 c	23 d	10813 ef	1,096 bcd
Roxo	164 f	317 de	0,0 bc	29 b	9227 f	1,082 cde
Pipoca	147 j	160 g	0,3 b	20 ef	4014 g	1,151a
Média	163	331	0,1	22	12678	1,108
CV (%)	0,5	4,5	31,2	3,5	6,7	1,9
Valor P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

¹Controle negativo (pipoca) e controle positivo (DKC 52-61PRO2)

O número de dias para a colheita de grãos, da mesma forma que no ponto de silagem, apresentou variações entre os híbridos avaliados ($P < 0,0001$). A ordem de precocidade dos híbridos para a colheita de grãos se manteve basicamente a mesma verificada para atingir o ponto de ensilagem, com o IPR 127 – Branco sendo o mais tardio (176 dias) e o DKC 52-61PRO2 o mais precoce (145 dias). A média geral foi de 163 dias da semeadura à colheita de grãos, sendo 34 dias a mais a partir do ponto de ensilagem. Esse ciclo foi semelhante ao verificado na safra 2005/2006 em Castro, com 169 dias da emergência a colheita (Molin et al., 2009).

Os pesos da massa de mil grãos variaram de 160 (Pipoca) a 403 gramas (AG 8041PRO). Em estudo conduzido no Rio Grande do Norte, a massa de mil

grãos do milho pipoca também foi baixa, 144 gramas (Nobre et al., 2000). O milho pipoca possui grãos pequenos, o que denota menor massa de mil grãos em relação a outros híbridos. A massa de mil grãos média do ensaio, excluindo-se o milho Pipoca foi de 344 gramas, concordando com os dados de literatura, com médias de 347 gramas (Amaral filho et al., 2005), 353 gramas (Flesch et al., 2004) e 354 gramas (Carvalho, 2007).

A porcentagem de grãos ardidos no ponto de colheita de grãos apresentou maiores valores no híbrido americano DKC 52-61PRO2 e no milho Pipoca, com 0,7% e 0,3% de grãos completamente ardidos, respectivamente. Esses também foram os materiais com maiores notas de severidade de doenças, concordando com esse achado. Os híbridos P 30F53YH, AG 8041PRO e WXA 504 não apresentaram nenhum grão completamente ardido em suas espigas.

O valor médio de grãos ardidos verificado neste estudo (0,1%) pode ser considerado baixo. Ensaio de competições de híbridos desenvolvidos na região de Lages, SC encontraram variações de 0,5 a 3,4% para essa variável (Ribeiro et al., 2005).

A média de produção de grãos secos foi 12.678 kg ha⁻¹. Da mesma forma que no ponto de silagem, o híbrido AS 1656PRO2 foi o mais produtivo (16.736 kg ha⁻¹) e não diferiu do Fórmula TL, P 30F53YH, AG 8041PRO; o milho pipoca foi o menos produtivo (4.014 kg ha⁻¹). Produções semelhantes também foram evidenciadas na safra 2005/2006 nas cidades de Arapoti e Castro, de 11.370 e 12.162 kg ha⁻¹, respectivamente (Carvalho, 2007).

Leonello et al. (2009) obtiveram baixas produções no milho pipoca (2.733 kg ha⁻¹), em função do baixo porte e baixa massa de grãos. Amaral Filho et al. (2005), em experimento com diferentes populações e espaçamentos, obtiveram produção média de 8.046 kg ha⁻¹, usando o mesmo espaçamento deste estudo (80 cm). Paziani et al. (2009), trabalhando com diversos híbridos, locais e safras, encontraram produções médias de 8.209 kg de grãos ha⁻¹. Os bons rendimentos frente aos genótipos avaliados neste estudo estão relacionados a alta qualidade genética dos materiais, favorabilidade de clima e manejo agrônomo adequado.

De acordo com o método proposto por Ashley (2001), os grãos colhidos no ponto de ensilagem representam 95% do potencial produtivo de seus respectivos híbridos, enquanto os grãos colhidos com umidade inferior a 25% já representam 100% do potencial produtivo de grãos. No presente experimento, considerando os

valores médios, os grãos colhidos no ponto de silagem representaram 79,5% da produtividade no ponto de colheita de grãos.

A densidade dos grãos variou 1,036 a 1,162 g cm⁻³. Com diferenças significativas entre os híbridos avaliados ($P < 0,0001$). Santos (2012) trabalhando com híbridos de milho adaptados à região de Minas Gerais, encontrou valores de densidades variando de 1,08 a 1,17 g cm⁻³.

O híbrido americano (DKC 52-61PRO2) apresentou densidade de 1,065 g cm⁻³, menor em relação a média dos híbridos brasileiros (1,111 g cm⁻³). Resultados semelhantes foram obtidos por Corrêa et al. (2002), com maior densidade para híbridos brasileiros (1,268 g cm⁻³) e menor para híbridos americanos (1,201 g cm⁻³). Da mesma forma, Carvalho e Strack (2013) verificaram em híbridos brasileiros densidades variando de 1,181 a 1,309 g cm⁻³ (média 1,226 g cm⁻³), e em híbridos americanos densidades entre 1,047 a 1,188 g cm⁻³ (média 1,114 g cm⁻³).

Na Figura 8 estão apresentados os resultados de vitreosidade dos genótipos avaliados. A vitreosidade é uma medida para determinar a quantidade de endosperma vítreo em relação ao farináceo existente no grão de milho, que pode influenciar a sua digestibilidade (Fernandes, 2014). A classificação de dureza realizada pelas empresas de milho é de carácter visual (Davide, 2009), avaliando somente o aspecto externo do grão através do escore de identificação (Rossi, 2014). Em alguns casos, essa avaliação não corresponde com a real vitreosidade, por isso essa classificação generalista deve ser usada apenas como um indicativo da dureza.

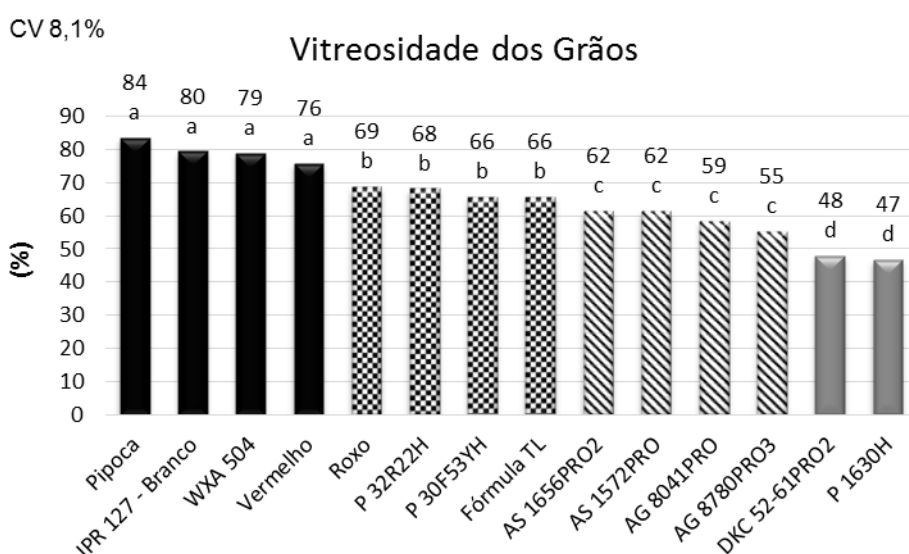


FIGURA 8 – Vitreosidade dos grãos secos dos genótipos avaliados
Médias acompanhadas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%

A vitreosidade dos grãos variou de 47 a 84%, e os genótipos foram classificados em quatro grupos de acordo com a vitreosidade dos grãos:

Grãos Moles: P 1630H e DKC 52-61PRO2, neste grupo a vitreosidade variou de 47 a 48%.

Grãos Semimoles: AG 8780PRO3, AG 8041PRO, AS 1572PRO e AS 1656PRO2, neste grupo a vitreosidade variou de 55 a 62%.

Grãos Semiduros: Fórmula TL, P 30F53YH, P 32R22H e Roxo, neste grupo a vitreosidade variou de 66 a 69%.

Grãos Duros: Vermelho, WXA 504, IPR 127 e Pipoca, neste grupo a vitreosidade variou de 76 a 84%.

O híbrido comercial norte americano DKC 52-61PRO2 apresentou média de 48% de vitreosidade. Esse resultado é semelhante ao relatado por Corrêa et al. (2002) de 48% de vitreosidade para híbridos norte americanos na maturidade fisiológica. Esses autores também avaliaram a vitreosidade de cinco híbridos brasileiros, com média de 73% de vitreosidade. No presente trabalho, os genótipos brasileiros tiveram em média 66%, porém a vitreosidade do híbrido brasileiro P 1630H foi semelhante ao norte americano (47 versus 48%, respectivamente).

Em Minas Gerais, genótipos colhidos no ponto de maturidade fisiológica também tiveram vitreosidades médias entre 48% e 74%, para grãos de textura mole e dura, respectivamente (Pereira et al., 2004). Fernandes (2014), trabalhando com dois híbridos colhidos no ponto de grãos secos no estado de São Paulo, classificou o híbrido com 79% de vitreosidade como duro e o híbrido com 59% como mole.

Em estudo avaliando 14 genótipos de milho originários da Itália, Estados Unidos e França, a vitreosidade dos grãos moles variou de 38 a 57% e de 66 a 79% nos grãos duros (Philippeau et al., 1999). Já no Paraná, em avaliação realizada com 12 híbridos comerciais e adaptados a região, os teores de vitreosidade variaram de 58 a 75% (Rossi, 2014).

Vale ressaltar aqui que a dissecação foi realizada no ponto de grãos secos. As diferenças de vitreosidade são menores no ponto de silagem, pois nesta fase o conteúdo de prolamina é menor (Mahanna, 2015) e a matriz protéica ainda não está totalmente formada (Fernandes, 2014). Assim, no ponto de silagem, e principalmente em grãos fermentados, o impacto da vitreosidade é amenizado (Firkins, 2006).

4.4. DEGRADABILIDADE RUMINAL *IN VITRO*

4.4.1. Degradabilidade da planta inteira, silagem e dos grãos secos

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados de degradabilidade ruminal *in vitro* (7 horas) da MS da planta inteira, da silagem e dos grãos secos.

TABELA 10 – Degradabilidade ruminal *in vitro* da MS da planta inteira, da silagem e dos grãos secos

Genótipo ¹	Degradabilidade da MS (%)		
	Planta Inteira	Silagem	Grãos Secos
DKC 52-61PRO2	33abc	31	25ab
P 1630H	30 bcd	29	24 bcde
Pipoca	26 d	31	24 bcde
Vermelho	35ab	30	24abcd
P 32R22H	29 cd	31	25abc
AS 1656PRO2	31 bcd	29	25abc
AG 8041PRO	31abc	29	25ab
AG 8780PRO3	29 cd	30	22 e
IPR 127 - Branco	28 cd	29	25abc
AS 1572PRO	36a	32	26a
P 30F53YH	32abc	31	24abcd
Fórmula TL	32abc	31	22 de
WXA 504	29 cd	30	24 bcde
Roxo	32abc	29	23 cde
Média	31	30	24
CV (%)	6,5	5,6	3,1
Valor P	<,0001	0,1223	<,0001

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

¹Controle negativo (pipoca) e controle positivo (DKC 52-61PRO2)

Diferenças significativas de degradabilidade entre genótipos foram verificadas nos grãos secos ($P < 0,0001$), variando de 22 a 26%. A degradabilidade da planta inteira também foi diferente entre os genótipos ($P < 0,0001$), variando de 26 a 36% (Tabela 10).

Quando a forragem permaneceu 150 dias ensilada, essas diferenças de degradação que existiam na planta inteira não foram encontradas e a degradabilidade média da MS das silagens foi de 30% (Tabela 10).

Jobim et al. (2007) afirmam que as alterações que ocorrem durante a fermentação exercem influência marcante na composição química, ingestão e digestibilidade da forragem. A ação das bactérias, enzimas, fungos e os produtos da

fermentação sobre a proteólise da matriz protéica dos grãos proporciona maior acessibilidade dos microorganismos nas silagens (Junges et al., 2011). Assim, as diferenças existentes entre os genótipos na planta fresca são amenizadas pela fermentação.

Na Figura 9 estão as médias de degradabilidade da MS para planta inteira, silagem e grãos secos, agrupadas em função da vitreosidade.

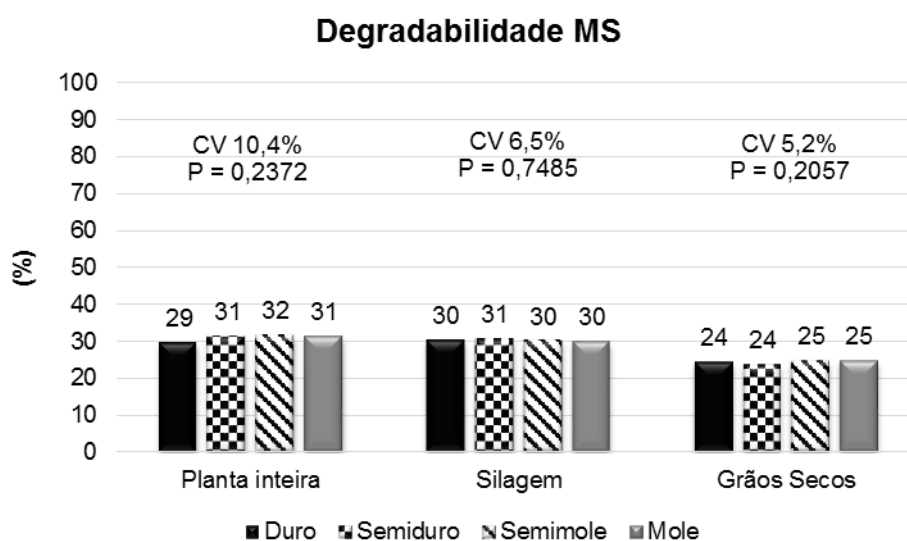


FIGURA 9 – Degradabilidade da planta inteira, da silagem e dos grãos secos de acordo com a vitreosidade dos grãos

Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Na planta inteira, a degradabilidade ($P = 0,2372$) foi de 32% para grãos semimoles, 31% para grãos moles e semiduros e 29% para grãos duros. Na silagem a degradabilidade ($P = 0,7485$) foi de 31% para grãos semiduros e 30% para duros, semimoles e moles. Nos grãos secos a degradabilidade ($P = 0,2057$) foi de 25% para grãos semimoles e moles e 24% para grãos duros e semiduros. Estes resultados concordam com os encontrados por Gomes et. al. (2002), que avaliaram dez híbridos de milho de diferentes texturas, semeados em diferentes localidades de Minas Gerais, colhidos no ponto de silagem, e não encontraram diferenças na degradabilidade ruminal *in situ* (24 horas) da planta inteira, com valores entre 48 e 51% de degradabilidade.

Em cultivo realizado também em Minas Gerais, avaliando degradabilidade ruminal de quatro híbridos de diferentes texturas pela técnica *in vitro* semi-automática de produção de gases, não foram evidenciadas diferenças de

degradação ruminal (6 horas) entre as silagens, com valores variando de 19 a 24% de degradação (Ribas et al., 2007). Quando as silagens permaneceram 96 horas incubadas, também não foram encontradas diferenças, com híbrido duro degradando 58% e híbrido mole 60%, sendo que a maior degradação foi para híbrido semiduro, com 66%.

Mendes et al. (2008) avaliaram a degradabilidade *in situ* (24 horas) de 23 híbridos de milho colhidos no ponto de silagem (36% MS). A degradabilidade efetiva da planta inteira não foi afetada pela textura do grão. Os autores justificam que não foi verificado efeito, devido às plantas terem sido colhidas no ponto de metade da linha de leite, onde a degradabilidade do grão independentemente da textura é similar. Pereira et al. (2004), avaliando degradabilidade ruminal *in situ* (24 horas), encontraram valores de 61% para grãos moles e 65% para grãos duros, no ponto de silagem.

Quando a degradabilidade é avaliada em grãos secos, os resultados em relação à influência da vitreosidade são contraditórios. No mesmo estudo de Pereira et al. (2004), agora avaliando a fase de colheita de grãos, grãos moles tiveram maior degradação ruminal em relação a grãos duros (42 e 19%, respectivamente). Philippeau et al. (1999) também encontraram diferenças de degradabilidade ruminal *in situ* em grãos maduros, com 62% de aproveitamento para grãos moles e 46% para grãos duros. Ambos os resultados diferem dos encontrados neste trabalho, onde a degradação ruminal dos grãos secos foi semelhante, independente da vitreosidade.

Na Tabela 11 estão os resultados da correlação entre vitreosidade e degradação da planta inteira, silagem ou grãos secos.

TABELA 11 – Correlação da vitreosidade com a degradabilidade da planta inteira, da silagem e dos grãos secos

Variável	Vitreosidade	
	r	P>t
Degradabilidade Planta Inteira	-0,18	0,19
Degradabilidade Silagem	0,06	0,66
Degradabilidade Grãos	-0,05	0,69

A vitreosidade não teve correlação com a degradabilidade da planta inteira ($P = 0,19$), degradabilidade da silagem ($P = 0,66$) e degradabilidade dos grãos secos ($P = 0,69$).

Outros estudos contrariam os resultados encontrados neste trabalho, onde foi verificada correlação negativa da vitreosidade com a degradabilidade da planta inteira (Rossi, 2014) e dos grãos secos (Rossi, 2014; e Figueiredo et al. 2010).

Esperava-se que a degradabilidade ruminal dos grãos secos fosse influenciada pela vitreosidade, pois nesta fase, a matriz protéica já esta formada (Fernandes, 2014) e as diferenças de vitreosidade mais evidentes, porém, as maiores diferenças de degradação foram oriundas da variabilidade dos genótipos avaliados (Tabela 10) e não da vitreosidade propriamente dita.

Já na planta inteira, como a colheita é realizada antes da maturidade dos grãos, a vitreosidade teria pouca influência na degradabilidade ruminal. Sendo assim, nas silagens, que além da colheita ser realizada antes da maturidade, ainda passam pelo processo de fermentação e essas transformações ocorridas anularam possíveis diferenças de degradabilidade em relação a vitreosidade dos grãos.

4.4.2. Porcentagem de amido

Na Tabela 12 estão os resultados de porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos.

TABELA 12 – Porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos

Genótipo	Planta Inteira	Amido (%) Silagem	Grãos Secos
DKC 52-61PRO2	31a	32a	78a
P 1630H	28ab	27abcd	77ab
Pipoca	13 d	17 e	73abc
Vermelho	18 bcd	21 cde	75abc
P 32R22H	24abcd	30ab	74abc
AS 1656PRO2	24abc	31ab	75abc
AG 8041PRO	23abcd	29abc	74abc
AG 8780PRO3	24abc	26abcd	75abc
IPR 127 - Branco	18 bcd	20 de	74abc
AS 1572PRO	23abcd	23 bcde	70 c
P 30F53YH	26ab	25abcd	73abc
Fórmula TL	28ab	30ab	77ab
WXA 504	20abcd	28abcd	74abc
Roxo	14 cd	15 e	72 bc
Média	22	25	74
CV (%)	20,2	13,1	3,0
Valor P	<,0001	<,0001	0,0015

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

¹Controle negativo (pipoca) e controle positivo (DKC 52-61PRO2)

A porcentagem de amido variou ($P < 0,0001$) entre os genótipos tanto na planta inteira, como na silagem e nos grãos secos ($P < 0,0001$).

Na planta inteira a média foi 22% de amido, com valores entre 13 e 31%, já na silagem a média foi de 25%, com porcentagens entre 15 a 32%. Provavelmente, esse pequeno aumento médio possa ser devido à perda de frações solúveis durante a fermentação das silagens, resultando em aumento relativo na composição centesimal.

No ponto de grãos secos a variação entre genótipos foi menos acentuada, com média de 74% e variação de 70 a 78%.

Os teores de amido das silagens não foram tão expressivos devido a semeadura tardia dos genótipos, as enzimas envolvidas no processo de síntese de amido trabalham em temperaturas ótimas, sendo assim, temperaturas muito elevadas podem reduzir seu potencial de síntese (Ali, 2013). Carvalho (2013) avaliando 108 silos na mesma região de estudo, encontraram teores médios de 33% de amido nas silagens de milho pela análise de polarimetria.

Na Figura 10 estão apresentados os resultados de porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos, agrupados de acordo com a vitreosidade dos grãos.

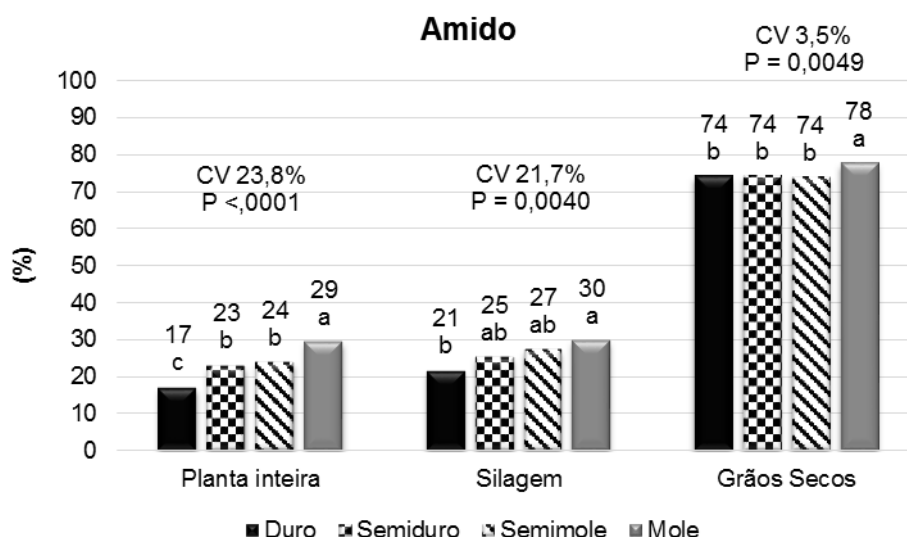


FIGURA 10 – Porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos de acordo com a vitreosidade dos grãos

Médias acompanhadas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Fica evidente o incremento no teor de amido a medida que a vitreosidade diminui, sendo que grãos duros resultaram em menor porcentagem de amido em relação a moles, tanto na planta inteira, como na silagem e no ponto de grãos secos.

Philippeau et al. (1999) não encontraram diferenças na porcentagem de amido entre grãos moles e duros na maturidade fisiológica (67 versus 68%, respectivamente), porém, no presente estudo foram encontrados maiores teores de amido, com valores variando de 74 a 78%.

Na Tabela 13 estão apresentadas as correlações da vitreosidade com a porcentagem de amido na planta inteira, na silagem e nos grãos.

TABELA 13 – Correlação da vitreosidade com a porcentagem de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos

Variável	Vitreosidade	
	r	P>t
Amido Planta Inteira	-0,58	<,0001
Amido Silagem	-0,50	0,01
Amido Grãos	-0,32	0,02

A vitreosidade dos grãos teve correlação negativa com o teor de amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos. Genótipos com maior vitreosidade resultaram em menores teores de amido, tanto na planta inteira, como nas silagens e no ponto de grãos secos. Esses resultados contrapõe os encontrados por Philippeau et al (1999), que avaliaram 14 genótipos de milho de diferentes vitreosidades e não encontraram correlação entre esta variável e a porcentagem de amido dos grãos.

A porcentagem de amido é um importante parâmetro de qualidade em silagens de milho, pois cerca de metade do valor energético das silagens vem deste componente presente nos grãos (Schwab et al., 2003), principalmente para os rebanhos leiteiros mais especializados, assim, a utilização de genótipos com maiores teores de amido se torna interessante.

4.4.3. Degradabilidade amido

Na Tabela 14 estão apresentados os resultados de degradabilidade *in vitro* (7 horas) do amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos. Houve diferença ($P = 0,0010$) de degradabilidade do amido na planta inteira entre os genótipos, com

valores variando de 48% a 64%. Assim como na degradabilidade ruminal da MS, não foram detectadas diferenças de degradabilidade do amido entre as silagens ($P = 0,3625$), e as médias variaram de 43 a 52%. Da mesma maneira, não ocorreram diferenças ($P = 0,1588$) de degradabilidade do amido nos grãos secos entre os híbridos, com valores variando de 34 a 39%.

TABELA 14 – Degradabilidade do amido na planta inteira, na silagem e nos grãos

Genótipo ¹	Degradabilidade Amido (%)		
	Planta Inteira	Silagem	Grãos Secos
DKC 52-61PRO2	52ab	47	39
P 1630H	48 b	48	38
Pipoca	48 b	52	37
Vermelho	60ab	50	36
P 32R22H	53ab	49	36
AS 1656PRO2	48 b	44	35
AG 8041PRO	64a	47	35
AG 8780PRO3	50 b	45	35
IPR 127 - Branco	49 b	46	34
AS 1572PRO	55ab	43	34
P 30F53YH	51ab	46	34
Fórmula TL	58ab	46	34
WXA 504	60ab	49	34
Roxo	59ab	52	34
Média	53	47	35
CV (%)	9,8	11,4	7,9
Valor P	0,0003	0,3625	0,1588

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

¹Controle negativo (pipoca) e controle positivo (DKC 52-61PRO2)

É desejável que a degradação do amido seja otimizada no rúmen, devido a natureza de seu produto final, com produção de ácidos graxos voláteis, principalmente acetato e propionato, que aumentam sua eficiência na utilização metabólica pelo ruminante, quando comparado a absorção intestinal de glicose (Philippeau et al., 1999).

Em meta-análise realizada por Ferraretto e Shaver (2015), comparando a degradabilidade ruminal do amido em silagem planta inteira de milho, os autores encontraram resultados variando de 24,0 a 66,4% de degradabilidade. Valores que estão dentro dos encontrados no presente estudo, porém deve-se ressaltar que estes valores foram obtidos por incubação *in vitro* durante 7 horas.

A fermentação das silagens pode resultar em perdas de qualidade nutricional em relação à cultura fresca que deu origem a mesma (Muck, 1988). Porém, a disponibilidade do amido tende a aumentar à medida que aumenta o tempo de estocagem das silagens (Owens, 2008), com benefícios mais marcantes no primeiro mês de ensilagem (Daniel et al., 2014; Junges, 2014). Este aumento pode ser explicado pela maior acessibilidade dos microrganismos aos grânulos de amido, possivelmente devido a proteólise da matriz de proteínas através da atividade de bactérias, enzimas, fungos e produtos da fermentação (Junges et al., 2011). Assim, os possíveis efeitos negativos no aproveitamento do amido devido à presença da matriz protéica dos grãos duros podem ser minimizados pela ensilagem e colheitas em estádios não tão avançados de maturidade (Szasc et al., 2007).

Diferente do que era esperado, a degradabilidade média dos genótipos na planta inteira foi maior do que nas silagens. A metodologia de avaliação utilizada pode ter influenciado neste resultado, uma vez que as silagens, possuíam maior teor de amido em relação a planta inteira (Tabela 12), em função da perda de componentes solúveis durante o processo de ensilagem.

Colheitas em estádios mais avançados de maturidade (163 dias) resultaram em menor degradabilidade ruminal do amido em relação a colheitas antecipadas (114 dias), (Tabela 14). Esses resultados concordam com os encontrados por Corrêa et al. (2002), que também verificaram redução quando compararam grãos colhidos aos 130, 150 e 170 dias de maturação.

Na Figura 11 estão apresentados os resultados de degradabilidade do amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos, agrupados de acordo com a vitreosidade dos grãos. O valor médio de degradabilidade do amido dos genótipos moles na fração planta inteira não foi maior que nos genótipos de maior vitreosidade. O mesmo efeito ocorreu para a avaliação nas silagens. Embora não haja uma explicação clara, possivelmente a metodologia usada possa ter influenciado esses resultados da mesma forma que nas médias da planta inteira e da silagem, uma vez que a quantidade de amido nas amostras dos híbridos considerados moles era maior que nos demais (Figura 10).

A maturidade fisiológica dos grãos também pode ter influenciado, pois na fração planta inteira e na silagem a colheita ocorreu antes da maturidade fisiológica dos grãos, período no qual a matriz protéica ainda não está totalmente formada

(Fernandes, 2014), com conteúdo de prolamina menor e menor diferença de vitreosidade entre os genótipos (Mahanna, 2015).

Taylor e Allen (2005), avaliando o aproveitamento de nutrientes *in situ*, verificaram que silagens de grãos moles resultaram em maior fermentação da matéria orgânica e do amido em comparação a silagens de grãos duros. Porém, as vitreosidades eram extremas (3% para grão mole e 67% para grão duro) e se pensarmos em nível de campo, não existem híbridos comerciais com vitreosidade tão reduzida (Mahanna, 2015).

Reis et al. (2011) avaliaram a degradabilidade de grãos com 28% de matéria seca, e ensilados durante 45 dias, e verificaram que os grãos moles tiveram maiores taxas de degradação *in situ* da fração A do amido (solúvel) em relação aos grãos duros (34 versus 11%, respectivamente). Contudo, quando se avaliou a fração B do amido (insolúvel potencialmente degradável), os grãos moles foram menos degradáveis em relação a grãos duros (62 versus 79%, respectivamente).

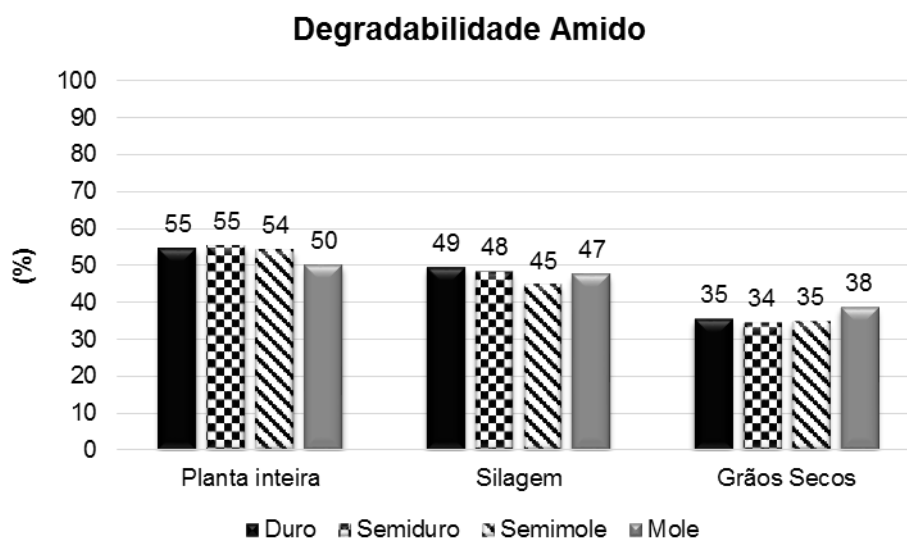


FIGURA 11 – Degradabilidade do amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos de acordo com a vitreosidade dos grãos
Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Em grãos de milho colhidos após a maturidade fisiológica, tem sido relatado redução na degradabilidade *in vitro* do amido (7h), enquanto ocorre aumento no teor de prolamina. Fernandes (2014), avaliando grãos em três estádios de maturação de diferentes texturas, encontraram maiores concentrações de prolamina em grãos duros em relação a grãos de textura mole que aumentam conforme a maturidade do grão.

Philippeau et al. (1999) avaliando degradabilidade ruminal *in situ* (48 horas) do amido em grãos moles (51% de vitreosidade) e grãos duros (72% de vitreosidade), encontraram maior degradabilidade do amido para grãos moles em relação aos grãos duros (62 versus 46%, respectivamente).

A taxa de desaparecimento do amido pode ser maior e mais rápida nos grãos moles, possivelmente devido o endosperma destes grãos possuir a matriz protéica esparsa e fragmentada, com grânulos de amido menos agregados, ao contrário dos grãos duros, onde o endosperma vítreo, possui a matriz protéica contínua, densa e bem desenvolvida, com grânulos de amido mais agregados (Paes, 2006; Piovesan, 2009). Contudo, essa correlação não foi verificada no presente estudo.

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados da correlação da vitreosidade com a degradabilidade do amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos.

TABELA 15 – Correlação da vitreosidade com a degradabilidade do amido da planta inteira, da silagem e dos grãos secos

Variável	Vitreosidade	
	r	P>t
Degradabilidade Amido Planta Inteira	0,08	0,55
Degradabilidade Amido Silagem	0,21	0,12
Degradabilidade Amido Grãos	-0,06	0,67

A vitreosidade não teve correlação com a degradabilidade do amido da planta inteira ($P = 0,55$), degradabilidade da silagem ($P = 0,12$) e degradabilidade dos grãos secos ($P = 0,67$). Esses resultados contrariam os encontrados por Corrêa et al. (2002), que avaliando grãos brasileiros e norte americanos de diferentes texturas na maturidade fisiológica, encontraram alta correlação ($r = -0,87$; $P < 0,001$) entre degradabilidade *in situ* do amido e densidade de grãos.

Porém, concordando com os resultados do presente trabalho, Seglar (2013) avaliando híbridos comerciais cultivados em diferentes anos e locais, colhidos em três maturidades (meia linha do leite, próximo da maturidade fisiológica e na maturidade fisiológica), indicou que nem a densidade dos grãos e nem o conteúdo de prolamina afetaram de forma confiável a degradabilidade *in vitro* do amido (7h).

Os resultados de literatura ainda são muito controversos em relação ao aproveitamento do amido e sua correlação com a vitreosidade dos grãos. Contudo,

neste trabalho, a vitreosidade não teve influência na degradabilidade ruminal *in vitro* (7h) da planta inteira, da silagem e dos grãos secos. Desta forma, para a escolha de genótipos para silagem, o foco deve ser em materiais com maior produção de massa e grãos/amido, uma vez que o aproveitamento ruminal deste amido em silagens é semelhante, independente da textura dos grãos.

4.5. CORRELAÇÕES

4.5.1. Densidade x Vitreosidade

Na Figura 12 estão apresentados os resultados da correlação da densidade com a vitreosidade.

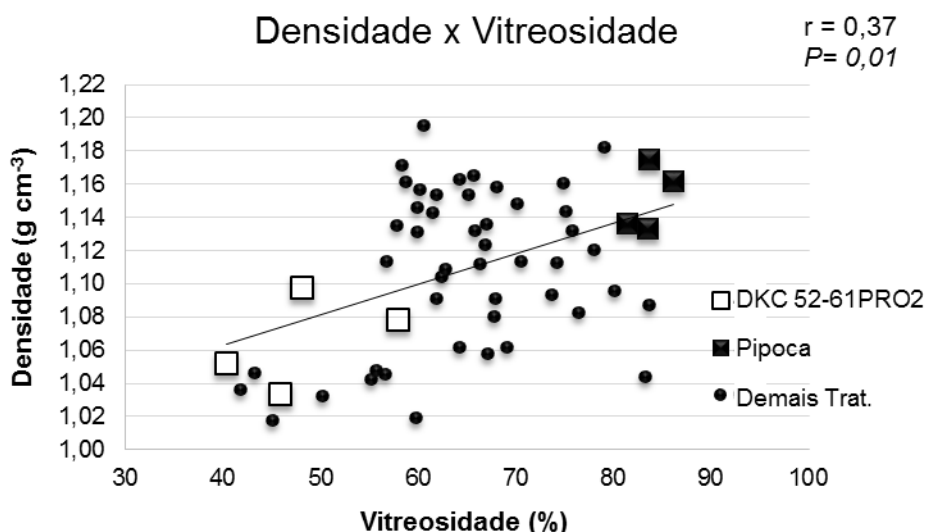


FIGURA 12 – Correlação positiva moderada entre densidade e vitreosidade
 $y = 0,0018x + 0,989$

Foi verificada uma moderada, porém significativa ($r = 0,37$, $P = 0,01$) correlação positiva entre densidade e vitreosidade. Aqueles genótipos com maior vitreosidade também são os de maior densidade. Chandrashekar e Kirleis (1988), trabalhando com grãos de sorgo e Mestres et al. (1991), com grãos de milho ($r = 0,92$) já mostravam essa correlação positiva entre densidade e vitreosidade. Philippeau et al. (1999), também encontraram correlação positiva ($r = 0,71$), com densidade menor para grãos moles em relação a grãos duros.

Mais recente, Martínez et al. (2006) também evidenciaram correlações positivas e Corrêa et al. (2002) encontraram alta correlação de 0,87 entre a

densidade e vitreosidade. Da mesma forma, Figueiredo et al. (2010) encontraram correlação moderada entre vitreosidade e densidade ($r = 0,54$).

A diferença de densidade entre os grãos moles e duros pode ser explicada pela maior quantidade de espaços vazios no endosperma dos grãos moles, o que ocasiona, conseqüentemente, menor densidade para estes materiais em relação aos duros (Philippeau et al., 1999).

A densidade pode ser usada como uma medida indireta para estimar a vitreosidade (Pereira et al., 2004), porém a dissecação dos grãos para determinação da porcentagem de endosperma vítreo em relação ao endosperma total é a melhor ferramenta para determinar a vitreosidade e caracterizar a textura dos grãos.

4.5.2. Severidade de doenças

Na Tabela 16 estão apresentados os dados de correlação entre a vitreosidade e a severidade das doenças no ponto de silagem, para os genótipos avaliados. Não foi encontrada correlação significativa para nenhuma das doenças avaliadas; da mesma forma, não foram encontrados resultados na literatura que correlacionassem severidade de doenças com vitreosidade de grãos.

TABELA 16 – Correlação entre a vitreosidade com a severidade de doenças dos genótipos avaliados

Variável	Vitreosidade	
	r	P>t
Ferrugem Comum	0,19	0,16
Mancha Branca	0,07	0,62
Cescorporiose	0,18	0,18
Helmintosporiose Comum	0,19	0,17
Mancha de Diplódia	0,15	0,26

4.5.3. Características no ponto de silagem

Na Tabela 17 estão apresentados os dados de correlação entre a vitreosidade com as características agrônômicas no ponto de silagem dos genótipos avaliados.

TABELA 17 – Correlação entre a vitreosidade com as características agronômicas no ponto de silagem dos genótipos avaliados

Variável	Vitreosidade	
	r	P>t
Ciclo	0,41	0,01
Estatuta Plantas	-0,24	0,07
População Final	-0,11	0,44
Produção Grãos	-0,37	0,01
Produção Massa Verde	-0,15	0,25
Matéria Seca	-0,56	<,0001
Produção de Massa Seca	-0,33	0,01

A estatura de plantas ($P = 0,07$), população final ($P = 0,44$) e produção de massa verde ($P = 0,25$) não foram afetadas pela vitreosidade dos grãos. Verificou-se correlação positiva ($r = 0,41$; $P = 0,01$) entre vitreosidade e ciclo no ponto de silagem. Da mesma forma, foi verificada correlação negativa ($r = 0,56$; $P < ,0001$) com o teor de MS, evidenciando que genótipos com grãos de textura mole são mais precoces e possuem teor de MS maior em relação a genótipos de textura dura. Contudo, Lupatini et al. (2004), avaliando quinze híbridos de diferentes características agronômicas e vitreosidades, obtiveram ciclo (número de dias da semeadura ao corte), semelhante entre os materiais avaliados.

Foi verificada uma correlação negativa ($r = -0,37$; $P = 0,01$) entre vitreosidade e produção de grãos no ponto de silagem (Tabela 17). Em Guarapuava e Laranjeiras do Sul, cidades do estado do Paraná, as produções de grãos no ponto de silagem não diferiram quanto a vitreosidade dos grãos (Rossi, 2014).

A silagem de milho é caracterizada pelo alto valor energético, principalmente vindo dos grãos (Corrêa et al., 2003), deste modo, esta característica deve ser um dos fatores para a escolha de híbridos destinados a produção de silagens. Porém, na produção de silagem de milho de boa qualidade deve-se considerar não somente o percentual de grãos na massa ensilada, mas também os demais componentes da planta como um todo (Nussio et al., 2001).

A produção de massa verde e seca são os primeiros parâmetros a avaliar quando se busca informação sobre determinado genótipo. A ênfase no uso de híbridos mais produtivos e adaptados às condições locais são responsáveis pelos ganhos em produtividade de massa dessa cultura (Paziani et al., 2009). Foi verificada uma correlação negativa ($r = -0,3278$) entre vitreosidade e produção de massa seca (Tabela 17).

Em estudo realizado em Guarapuava e Laranjeiras do Sul/PR, as produções de massa seca da silagem não diferiram quanto a vitreosidade dos grãos (Rossi, 2014). No presente estudo, a presença de genótipos não especializados para produção de silagens (pipoca, roxo, waxy) pode ter influenciado a obtenção dessa correlação.

Híbridos com ciclos mais precoces apresentam maiores valores de produção de massa seca e produção de grãos na maturidade e na ensilagem, com maior proporção de folha ($r = -0,56$) e menor proporção de colmo nas plantas ($r = 0,44$) (Paziani et al., 2009). Essas informações condizem com o observado no atual experimento, pois os genótipos com menor vitreosidade foram mais precoces, com maior teor de MS e maior produção de massa seca e grãos no ponto de silagem.

4.5.4. Características no ponto de grãos secos

Na Tabela 18 estão apresentados os dados de correlação entre a vitreosidade e as características agronômicas no ponto de grãos secos dos genótipos avaliados. O ciclo e a massa de mil grãos não foram afetados ($P = 0,06$ e $0,08$, respectivamente) pela vitreosidade dos grãos. Como no ponto de silagem, foi verificada uma correlação negativa ($r = -0,38$; $P = 0,01$) entre vitreosidade e produção de grãos. Assim, híbridos com menor vitreosidade tiveram maior produção de grãos.

TABELA 18 – Correlação entre a vitreosidade e as características agronômicas no ponto de grãos secos dos genótipos avaliados

Variável	Vitreosidade	
	r	P>t
Ciclo Grãos	0,25	0,06
Massa Mil Grãos	-0,23	0,08
Produção Grãos	-0,38	0,01
Grãos Ardidos	-0,27	0,04

Em estudo realizado por Rossi (2014) em Guarapuava/PR o grupo de híbridos duros teve maior participação de grãos em relação aos moles; já em Laranjeiras do Sul/PR o grupo mole exibiu maior média de produtividade. Deste modo, não houve correlação entre vitreosidade e produção de grãos secos. Da

mesma forma, Santos (2012) trabalhando com híbridos de diferentes densidades, não encontraram correlação entre densidade e produção de grãos.

Na fase de grão seco, quando os grãos são colhidos com umidade inferior a 25%, os genótipos já expressaram 100% do potencial produtivo de grãos (Ashley, 2001), pois a planta atingiu a maturidade fisiológica (Santos, 2012).

Apesar da maior produção de grãos para os genótipos de textura mole, foi verificada uma correlação negativa ($r = -0,27$; $P = 0,04$) entre vitreosidade e grãos ardidos (Tabela 18). Assim, híbridos com menor vitreosidade tiveram maior participação de grãos ardidos em suas espigas.

Híbridos de grãos moles são mais susceptíveis a ocorrência de grãos ardidos (Moraes et al., 2008). Os fungos mais detectados e associados aos grãos ardidos são: *Fusarium verticiloides*, *Gibberella zeae*, *Diplodia maydis* e *Diplodia macrospora*. No processo de infecção dos grãos, muitas espécies de fungos podem produzir substâncias tóxicas, as micotoxinas (Mendes, 2009).

Micotoxinas são metabólitos secundários de alguns gêneros de fungos e causam vários efeitos indesejáveis em seres humanos e animais. As fazendas leiteiras brasileiras frequentemente tem problemas de ordem reprodutiva ou distúrbios metabólicos associados a ingestão de silagens contaminadas (Schmidt et al., 2015).

Para redução na participação de ardidos, os grãos não devem ficar por períodos longos no campo após a maturidade fisiológica. O valor médio de grãos ardidos verificado no presente ensaio (0,1%) pode ser considerado baixo e quando o objetivo é silagem de planta inteira, pois o estágio de colheita acontece antes da maturação, reduzindo a preocupação na utilização de genótipos com pré-disposição a estes grãos afetados.

Além de menor participação de grãos ardidos, os grãos mais duros apresentam a vantagem de qualidade de germinação e boa armazenagem (Cruz et al., 2012; Davide, 2009; Vieira Neto, 2006), devido a maior resistência ao ataque de pragas (Santos, 2006).

Sendo assim, no ponto de colheita de grãos secos, genótipos de textura mole tem uma maior produção de grãos, porém com maior participação de ardidos em suas espigas em relação a genótipos de textura dura. Contudo, essas características perdem a importância quando o objetivo é a obtenção de genótipos de milho para produção de silagens.

5. CONCLUSÕES

De maneira geral, todos os genótipos se comportaram dentro do esperado, com produtividades satisfatórias de massa seca e grãos nos dois pontos de colheita e características agronômicas muito variáveis entre os tratamentos avaliados.

Genótipos com grãos de menor vitreosidade foram mais precoces, com maior participação de amido, maior teor de MS, maior produção de massa seca e grãos nas duas maturidades.

A maioria dos genótipos brasileiros foram mais duros que o híbrido norte americano, porém o P 1630H foi tão mole quanto, denotando que alguns genótipos brasileiros possuem genética semelhante aos norte americanos para essa variável. A vitreosidade dos grãos teve baixa correlação com a densidade, deste modo, a densidade pode ser usada como uma medida indireta, sendo a vitreosidade a melhor ferramenta para caracterizar a textura dos grãos.

Na planta inteira, existem diferenças de degradabilidade ruminal *in situ* (7h) da MS e do amido entre os genótipos, porém quando a forragem foi ensilada, essas diferenças de degradação foram amenizadas. A degradabilidade ruminal *in vitro* do amido reduziu quando os grãos foram colhidos em estádios mais avançados de maturidade.

A degradabilidade ruminal *in vitro* (7h) da MS e do amido não foram afetadas pela vitreosidade, tanto na planta inteira, como nas silagens e nos grãos secos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção da silagem de milho compreende uma série de fatores e processos de fundamental importância para um bom produto final. Dentre os quais, a textura do grão é um assunto amplamente discutido pelos pesquisadores da área.

A partir dos resultados encontrados neste estudo e embasados na literatura, a textura do grão não é um dos fatores mais relevantes na produção de silagem de milho. Nesta fase, a matriz protéica ainda não está completamente formada, e os grãos possuem menor vitreosidade. Ainda, a atividade bacteriana, as enzimas, os fungos e produtos da fermentação ajudam a degradar essa matriz protéica existente. Além disso, no processo de ensilagem os grãos devem ser quebrados, o que também pode auxiliar no acesso dos microrganismos ruminais ao amido. Além de

tudo, as diferenças de vitreosidade entre os bons materiais comerciais, inclusive o norte americano avaliado, não é tão expressiva.

Os produtores de Castro e abrangência das cooperativas da região, fazem altos investimentos nas lavouras de milho e no processo de ensilagem. A escolha de um híbrido produtivo, com baixa severidade de doenças, características adaptadas ao clima da região, a utilização de manejo agrônômico adequado (adubação, tratamento de sementes, controle fitossanitário), além do correto momento de colheita, tamanho de partículas, quebra de grãos, técnicas de vedação, manejo do painel do silo e desensilagem, são fatores de forte impacto na qualidade da silagem e devem ser vistos com maior atenção em relação a textura dos grãos.

Como vimos neste estudo, a variação em produtividade e aporte energético (teor de amido) entre os genótipos avaliados foi muito maior do que as diferenças de degradabilidade da matéria seca e do amido relacionadas a vitreosidade dos grãos. Desta forma, o foco não deve ser a textura do grão quando o objetivo é silagem de milho planta inteira.

7. REFERÊNCIAS

ALI, M. **Grain filling, starch degradation and feeding value of maize for ruminants**. 2013. 185f. Tese (Doutorado) – Universidade de Wageningen, Wageningen.

ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.402-408, 2006.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.467-473, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, D.C., 1998.

ASHLEY, R.O. Corn maturity and ensiling Corn. Dickinson: Dickinson Research Extension Center, 2001. Disponível em: <<http://www.ag.ndsu.edu/archive/dickinso/agronomy/cornmaturity.htm>> Acesso em: 16 junho 2015.

CARVALHO, I.Q.; STRACK, M. Degradability and digestibility of different corn grain densities at two maturity stages. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 3., 2013, Campinas. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2013.

CARVALHO, I.Q. **Tecnologia da produção de silagem de milho em sistemas de produção de leite**. 2013. 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

CARVALHO, I.Q. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas em milho**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

COSTA, R. V.; COTA, L. V.; SILVA, D. D.; Cultivares de Milho estão Disponíveis no Mercado de Sementes do Brasil para a Safra 2014/15. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/979808>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2016.

CHANDRASHEKAR, A. and KIRLEIS, A. W. Influence of protein on starch gelatinization in sorghum. **Cereal Chemistry**, v.65, p.457-462, 1988.

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M. N.; OLIVEIRA, S. G. et al. performance of holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, v.60, n.4, p. 621-629, 2003.

CORRÊA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, J.G. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.3008–3012, 2002.

CRUZ, J. C; PEREIRA FILHO, I.A; SIMÃO, E. P. Cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2014/15. **Documentos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Minas Gerais, 2014.

CRUZ, J. C; PEREIRA FILHO, I.A; GARCIA, J. C. Cultivo do milho. **Versão Eletrônica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Minas Gerais, 2012.

DANIEL, J.L.P.; JUNGES, D.; NUSSIO, L.G. Alterações na qualidade de silagens de milho durante o armazenamento. In: SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 5., 2014, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2014. p. 23-36.

DAVIDE, L.M.C. **Controle genético de caracteres associados a dureza dos grãos e à degradabilidade ruminal de milho tropicais**. 2009. 98f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DEMIATE, I.M., KONKEL,F.E., PEDROSO, R.A. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de doce de leite pastoso – composição química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n.1, p.108-114, 2001.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L. et. al. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n. 7, p.933-938, 2002.

DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. **Cereal Chemistry**, v.70, p.105-108, 1993.

FERNANDES, J. **Influência de genótipo, maturidade e tempo de armazenamento na qualidade de silagens de grãos de milho com alta umidade**. 2014. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

FERRARETO, L. F. e SHAVER, R. D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v.98, n.4, p.2662-2675, 2015.

FIGUEIREDO, U. J.; FERREIRA JUNIOR, E. J.; CARDOSO, G. A. et al. Correlações entre o escore de idetação, a vitreosidade, a densidade e a degradabilidade de grãos de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2010, 28., 2010, Campinas. **Anais...** Goiânia, 2013.

FIRKINS, J. L. Starch digestibility of corn – Silage and grain. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2006, Campinas. **Proceedings...**, 2006.

FLESCH, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p. 24-31, 2004.

GOMES, M.S.; PINHO, R.G.; OLIVEIRA, J. S. et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para produtividade de matéria seca e degradabilidade ruminal da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p. 83-90, 2002.

HOFFMAN, P.C.; ESSER, N.M.; SHVER, R.D. et al. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v.94, p. 2465–2474, 2011.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p. 101-119, 2007. Suplemento esp.

JONES, C. M.; HEINRICHS, A. J.; ROTH, G. W. et al. PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY – PENN STATE. **From harvest to feed: Understanding silage management**. State College: Pennsylvania State University, 2004. 40p.

JUNGES, D. **Tempo de armazenamento e manejo do painel no valor nutritivo de silagens de milho**. 2014. 150f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, ESALq, Piracicaba.

LEONELLO, L. A. F.; CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R. Características agrônômicas e qualidade comercial de cultivares de milho pipoca em alta população. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.2, p.215-220, 2009.

LUPATINI, G.C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S. et al. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, n.2, p. 193-203, 2004.

MAHANNA, B. Dairy Forages: What's new in genetics and management? In: Western Dairy Management Conference. **Proceedings...** Reno, NV, 2015. 24p.

MARTIN, T. N.; VIEIRA, V. C.; MENEZES, L. F. G. et al. Bromatological characterization of maize genotypes for silage. **Acta Scientiarum**, v.34, n. 4, p. 363-370, 2012.

MARTÍNEZ, M.G.; FIGUEROA-CÁRDENAS, J.D.F.; VEGA, M.L.R. et al. Microstructure of starch granule related to kernel hardness in corn. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.29, p. 135-139, 2006.

MENDES, M. C. **Micotoxinas, aspectos químicos e bioquímicos relacionados a grãos ardidos em híbridos de milho**. 2009. 120f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENDES, M. C.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, M. N. et al. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. **Bragantia**, v.67, n.2, p.285-297, 2008.

MENEZES, L.F.G.; RONSANI, R.; PAVINATO, P.S. et al. Produção, valor nutricional e eficiências de recuperação e utilização do nitrogênio de silagens de milho sob diferentes doses de adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.1353-1362, 2013.

MESTRES, C.; LOUIS-ALEXANDRE, A.; MATENCIO, F et al. Dry-Milling Properties of Maize. **Cereal Chemistry**, v.68, p.51-56, 1991.

MITTELMANN, A; SOUZA SOBRINHO, F.; OLIVEIRA, J, S. et al. Avaliação de híbridos comerciais de milho para utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p. 684-690, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Instrução Normativa 60/2011**. Brasília, DF, 2011.

MOLIN, R.; CARVALHO, I. Q.; BAVOSO, L. C. et al. **Arranjo de plantas de milho (*Zea Mays*) para produção de grãos**. Castro, 2009. 218p.

MORAES, G.J.; COSTA. C.; MEIRELLES, P.R.L. et al. Produtividade e valor nutritivo das plantas de milho de textura dentada ou dura em três estádios de colheita para silagem. **Boletim de Indústria Animal**, v.65, n.2, p. 155–166, 2008.

MUCK, R.E. Factors Influencing Silage Quality and Their Implications for Management. **Journal of Dairy Science**, v.71, p. 2992–3002, 1988.

NEUMANN, M.; OST, P. R.; PELLEGRINI, L. G. et al. Comportamento de híbridos de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para silagem na região centro-sul do Paraná. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v.4, n.2, p. 237-250, 2008.

NOBRE, R.G.; LIBERALINO FILHO, J.; PRAÇA, E. F. et al. Avaliação da qualidade de diferentes marcas comerciais de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p. 133-135, 2000.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.127-145.

OWENS, F. Corn silage – facts, fantasies, and the future. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 1., 2008, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: Pioneer Hi-Bred International, 2008. 31p.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Circular Técnica**. Sete Lagoas: Embrapao Milho e Sorgo, Minas Gerais, 2006. ISSN 1679-1150.

PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P.; NUSSIO, L.G. et al. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p. 411-417, 2009.

PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.; BRUNO, R.G.S. et al. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, v.61, n.4, p. 358-363, 2004.

PHILIPPEAU, C., F. LE DESCHAULT DE MONREDON, AND B. MICHALET-DOREAU. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **Journal of Animal Science**, v.77, p. 238-243, 1999.

PIOVESAN, R.P.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V. Perdas de nutrientes via subsuperfície em colunas de solo sob fertilização mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.757-766, 2009.

REIS, W.; CINIRO, C.; MEIRELLES, P. R. L.; et al. Degradabilidade do amido de grãos secos e ensilados de híbridos de milho com textura dura e dentada em função do grau de moagem. **Boletim de Indústria Animal**, v.68, n.2, p.139-149, 2011.

RIBAS, M.N.; GONÇALVES, L.C.; IBRAHIM, G.H.F. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade no grão. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.1, p.104-115, 2007.

RIBEIRO, N. A. R.; CASA, R.T.; BOGO, A. et al. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e produtividade de grãos de genótipos de milho em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p. 1003-1009, 2005.

ROSSI, E. S. **Características bromatológicas e digestibilidade de híbridos de milho com diferentes texturas de grãos**. 2014. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Do Centro-Oeste, Unicentro, Guarapuava.

SANTOS, A. O. **Características agrônômicas e degradação de grãos e da planta de milho em diferentes épocas de semeadura e de maturidade**. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SANTOS, J. P. Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho. **Circular Técnica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Minas Gerais, 2006. ISSN 1679-1150.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; CASTRO, J. L. et al. Potencial de linhagens de populações locais de milho pipoca para síntese de híbridos. **Bragantia**, v.59, n.2, p. 143-151, 2000.

SCHIPANSKI, C. A. **Manual de Identificação e Manejo das Doenças do Milho**. 3.ed. Castro, 2011. 126p.

SCHMIDT, P.; NOVINSKI, C. O.; JUNGES, D. et al. Concentration of mycotoxins and chemical composition of corn silage: A farm survey using infrared thermography. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.1-11, 2015.

SCHWAD, E. C.; SHAVER, R. D.; LAUER, J. G. et al. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. **Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.1-18, 2003.

SEGLAR, W.J.; PAULI, M.; PATTERSON, A. et al. Influence of maize kernel maturity on chemical characteristics, prolamin content and in vitro starch digestion. **Journal Animal Science**. Vol. 91, E-Suppl. 2/**Journal of Dairy Science**. Vol. 96, Poster T88, E-Suppl. 1, p 32. Progressive Dairyman. 2013.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAUJO, P. M. et. al. **Avaliação estadual de cultivares de milho – Safra 2014/2015**. Londrina, 2015. 101p.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE DOENÇAS E PRAGAS – SID. **Reação de Variedades e Híbridos de Milho às Principais Doenças Foliares e Resposta ao Uso de Fungicidas, Safra 2014/15**. Disponível em: < <http://sid.fundacaoabc.org.br/>> Acesso em: 10 junho 2015. Castro, PR, 2015.

SISTEMA DE MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO – smaABC. **Monitoramento das Estações Meteorológicas Safra 2014/2015**. Disponível em: < <http://sma.fundacaoabc.org.br/>> Acesso em: 10 junho 2015. Castro, PR, 2015.

SZASZ, J.I.; HUNT, C.W.; SZASZ, R.A. et al. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v.85, p. 2214-2221, 2007.

TAYLOR, C. C.; ALLEN, M. S. Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: site of digestion and ruminal digestion kinetics in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.88, p. 1413-1424, 2005.

TILLEY, J.A.; TERRY, R.A.A. Two-stage technique of the *in vivo* digestion of forage crops. **Journal British of Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.

VIEIRA, R. A.; TESSMANN, D. J.; HATA, F.T. et al. Resistência de híbridos de milho-pipoca a *Exserohilum turcicum*, agente causal da helmintosporiose do milho resistance of popcorn hybrids to *exserohilum turcicum*, causal agent of northern leaf blight of maize. **Scientia Agraria**, v.10, n.5, p. 391-395, 2009.

VIEIRA NETO, J. **Milho duro e dentado na forma de grãos secos e silagem de grãos úmidos para leitões dos 7 aos 15 kg**. 2006. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola**. Porto Alegre, 1995. 395p.

ZOPOLLATO, M.; NUSSIO, L. G.; MARI, L. J. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.452-461, 2009.